行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ■成果報告 □期中進度報告

我國科學教育長期追蹤調查研究－電腦施測之分析與規劃

計畫類別：■個別型計畫　　□ 整合型計畫
計畫編號：NSC 96－2522－S－009－002
執行期間：　96　年　10　月　1　日至　97　年　7　月　31　日

計畫主持人：　國立交通大學 資訊工程系　　曾憲雄 教授
共同主持人：　國立台南大學 數位學習科技系 黃國楨 教授
　　國立中央大學 資訊工程系　　楊鎮華　教授
計畫參與人員：蘇俊銘、翁瑞鋒、林喚宇、曲衍旭、劉怡利、卓立晧、王念主

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：■精簡報告　□完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：
□赴國外出差或研習心得報告一份
□赴大陸地區出差或研習心得報告一份
□出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
□國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
　　□涉及專利或其他智慧財產權，□一年□二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學 資訊工程學系

中　華　民　國　97　年　10　月　27　日

我國科學教育長期追蹤調查研究－電腦施測之分析與規劃

計畫編號：NSC 96-2522-S-009-002

執行期間：96 年 10 月 01 日 至 97 年 07 月 31 日

中文摘要

為了針對我國科學教育之學生成效進行調查，以分析我國學生之各項科教學習能力成果，建立我國科學教育長期追蹤之本土基本資料，進而作為科教學習之相關政策、課程規劃、與研究分析之用，且為了能讓調查的進行與結果之分析更為有效率，因此，在科教調查之規劃上，將採用電腦化施測模式，來進行線上施測與結果分析，進而建立我國科學教育長期追蹤資料庫，因此，為了完成此長期追蹤之電腦施測發展模式與架構，故本計劃在此先期規劃研究中，須先針對科教電腦施測模式中之施測需求、題型架構、與施測模式做規劃，其包含針對科教施測科目與相對應之科教能力來定義評量指標，規劃適當可供電腦化施測之試題示範題型、標準化描述機制與其顯示示範架構、規劃電腦化施測系統之功能需求與示範架構。此外，本計劃亦將發展科教調查計畫管理系統，包含評量架構、預期效能、示範試題系統與計畫文件資源，以期能提供科教評量研究之長期發展。

故本計劃在先期規劃計畫之工作規劃項目如下:

(1) **科教評量本體示範架構之分析與規劃:** 分析與歸納**[科學認知與學習之全國性調查研究－先期規劃]**計畫之各專家學者所定義之科教科目(物理、生物、化學、與地球科學)的學習概念與評量指標架構，以規畫與建構科教評量之示範架構以及試題與資源之示範詮釋資料(Metadata)標準。

(2) **科教領域電腦施測示範題型之分析與規劃:**分析與瞭解科教學科之評量調查的實際需求與學習成就的概念定義，以規劃可行之多媒體試題示範題型以及其相對之QTI試題描述示範格式。

(3) **電腦施測系統示範架構之分析與規劃:**分析試題題型與格式，規劃適合電腦施測需求之電腦施測系統示範功能與架構。

(4) **科教調查計劃管理系統之規劃與建置:**發展科教評量相關支援系統，以提供後續相關研究之發展。

關鍵字: 科學教育、電腦施測、評量架構、評量指標、題庫系統、科學素養、計畫管理

英文摘要

In order to investigate and analyze students' learning achievement in Science Education domain, the Science Education Investigation will make use of the computerized testing mode to perform the online testing and result analysis, whereby the domestic science education database can be established for long term trace. Then, the policy definitions, course designs, and research analyses in Science Education can be done in accordance with the investigation analysis. Therefore, in order to define the framework of computerized testing for long term trace, this project define and design the demonstration modes, including the evaluation indicators according to science education subjects and their corresponding capabilities that the preliminary planning project on "National study on cognition and learning in science" defined, the appropriate item types with standardized format and display scheme, and the framework of computerized testing system. Moreover, we will develop the Management Systems to support the managements of Assessment Framework, Performance Expectation (PE), Test Items, and documents of Science Education Investigation Project. Therefore, in the planning stage of Science Education Investigation Project, this project's working items are as follows:

1. **Analysis and Design of the Demonstrative Assessment Framework of Science Education:** analyzes and defines the learning concepts and evaluation indicators of Science Education subjects, including Mathematics, Biology, Chemistry, Physics, and Earth/Space science, to facilitate the design and construction of the Science Education Ontology and Metadata describing the items and resources according to the definition of preliminary planning project on National study on cognition and learning in science.
2. **Analysis and Design of the Demonstrative Computerized Testing Item Types of Science Education Subjects:** acquires and analyzes the real requirements of evaluation and concept definition of learning achievement to further define the multimedia testing item types associated with QTI formats, each of which can efficiently test out the learning concepts and capabilities of students.
3. **Analysis and Design of the Demonstrative Computerized Testing System:** analyzes the item types and formats to facilitate the further design of the demonstrative framework of computerized testing system.
4. **Design and Implementation of Science Education Investigation Project Management System:** designs and implements the framework of Science Education Investigation Project and defines its execution requirements to facilitate the further development of the project management system in support of the managements of assessment framework, performance expectation, and test item.

Keywords: Science Education, Computerized Testing, Assessment Framework, Evaluation Indicator, Item Bank, Scientific Literacy, Project Management.

一、 緒論

1.1 研究背景

為了瞭解學生在科教學科領域的學習成就，在國際上已有許多研究計畫在進行科教之評量調查，包含(1) 國際數理趨勢研究 (The Trends in International Mathematics and Science Study) (TIMSS, 2008)、(2)國家教育進展評量 (National Assessment of Educational Progress) (NAEP, 2008)、(3)國際學生評量 (Program for International Student Assessment) (PISA, 2008)、(4)國際閱讀發展研究 (Progress of International Reading Literacy Study) (PIRLS, 2008)，而我國為了與國際接軌以及進行國際性之評量比較，目前亦有(1)台灣學生學習成就資料庫(Taiwan Assessment of Student Achievement) (TASA, 2008)與(2)TIMSS(2007)等的評量調查研究計畫在規劃與進行。

然而、為了能不侷限於目前國際上的評量計畫(TIMSS, NAEP, PISA 等)所探究的主題與方向，且能瞭解我國學生在科教學習上除了其對科學概念與原理的瞭解與運用能力之外，包含學生在科教學習上的與科學探究、科學態度、認知技能、和科學本質等方面的學習資料，以建立我國科學教育長期追蹤的本土基本資料，故將針對我國學生在數理、生物、化學、物理與地球科學等科教學科上的學習與發展來規劃與進行基本科學能力測驗以建立我國科學教育長期追蹤的調查資料庫，以提供未來科學教育政策之釐定、課程之訂定、教材之發展、師資之培育、與學生學習之評量等的重要參考依據來源。

1.2 研究目的

故為了能有效率的獲得我國科學教育長期追蹤中，學生在科教學習上的學習與發展資料，包含學習成就、科學概念與原理的瞭解與運用、科學探究能力、與學生的態度、認知技能、科學本質等方面的學習資料，本計畫規劃我國科學教育長期追蹤之電腦施測的科教領域知識評量示範架構、評量指標之詮釋資料(Metadata) 示範架構、試題資源之標準化示範模式與施測系統之示範架構，以進而建立我國科教長期追蹤之電腦化施測系統示範架構規範、來利用電腦與網路來快速與有效地進行學生科教學習資料的測驗與成果紀錄分析。

而使用電腦為媒介的測驗方式已發展超過 20 年，此種測驗方式的優點在於可增加測驗的安全評估性、節省測驗時間與能夠立即計算成績。而近年來隨著網際網路的發展，透過電腦與網路的技術輔助，電腦化測驗具有可獲得更多受測者的資訊、縮短測驗時間與提供線上計分等優點。此外，由於試題資料儲存在電腦中，大幅增加資源共享的便利性；甚至可以由受測者的測驗行為資料紀錄（例如答題時間、答對與否等）來回饋調整試卷的難易度與鑑別度，並可進一步的做學生學習概念的診斷與分析，以瞭解學生在學習上之問題與成因，可提供科教學習與課程設計上的參考分析依據。

故本計劃針對我國科學教育長期追蹤之長期性電腦施測之的需求，規劃了其長期性之研究發展模式，如圖 1 所示，其發展項目說明如下:

- **科教電腦施測模式分析與規劃:** 針對施測模式、需求與題型進行分析與規劃。
- **科教電腦施測編輯工具與系統:** 依據需求進行電腦施測之相關編輯工具與系統做規劃與建置。
- **科教電腦施測測試與評量系統:** 規劃與發展學生進行施測之測驗與評量系統。
- **施測結果的統計與分析系統:** 針對施測結果建構資料統計與結果分析系統。
- **施測模式之修正與改善:** 根據統計與分析結果做施測模式的修正與改善規劃。

此發展模式從先期施測之模式規劃、施測系統之建立到施測模式之修正改善，共規劃了5個階段漸進模式，依此模式，可在每期施測之後，重新有效檢視原有施測架構之問題，並作妥善之分析與規劃，再針對問題做改善與新的需求做規劃與發展，以使電腦施測模式、系統、與流程能更符合評量調查之需求，以做為長期性之評量資料的研究發展規劃。

而為了完成此長期追蹤之電腦施測發展模式與架構，故本計劃在此科學教育計劃之先期規劃研究中，須先針對科教電腦施測模式中之施測需求、題型架構、與施測模式做規劃，即為**科教電腦施測模式分析與規劃**階段(參考圖1與2)，此外，為了能讓此科教規劃計劃能有效進行與管理計畫文件資源，本計劃亦將發展科教調查計畫管理系統，以協助調查計劃之執行與規劃使用。本計劃此階段所規劃之研究項目說明如下。

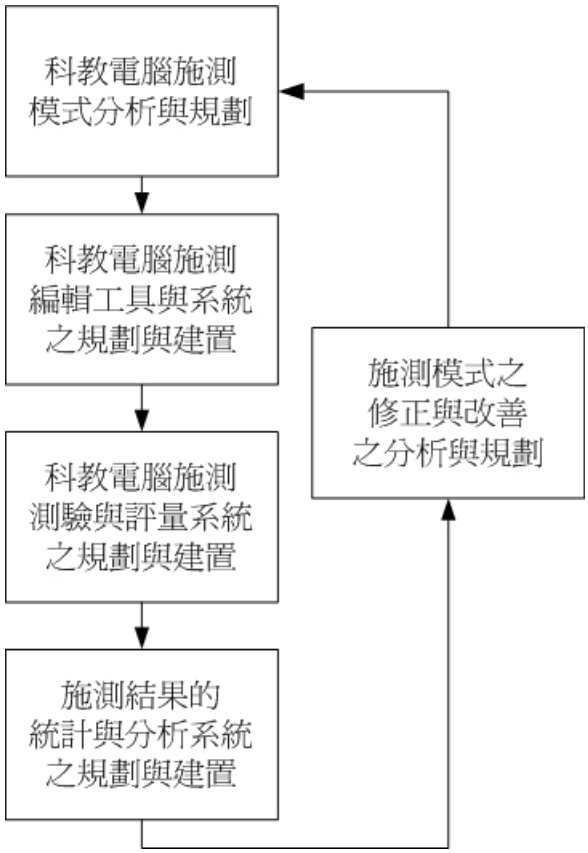


圖1: 長期性電腦施測之規劃與發展流程

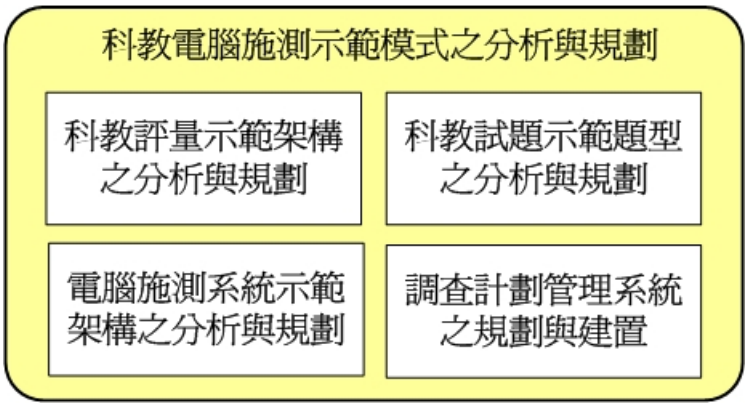


圖 2: 計劃研究目的之主軸架構

本計畫之主要研究項目:

(1) **科教評量本體示範架構之分析與規劃:** 分析與歸納**[科學認知與學習之全國性調查研究—先期規劃]**計畫之各專家學者所定義之科教科目(物理、生物、化學、與地球科學)的學習概念與評量指標架構，以規畫與建構科教評量之示範架構以及試題與資源之示範詮釋資料(Metadata)標準。

(2) **科教領域電腦施測示範題型之分析與規劃:** 分析與瞭解科教學科之評量調查的實際需求與學習成就的概念定義，以規劃可行之多媒體試題示範題型以及其相對之QTI試題描述示範格式。

(3) **電腦施測系統示範架構之分析與規劃:** 分析試題題型與格式，規劃適合電腦施測需求之電腦施測系統示範功能與架構。

(4) **科教調查計劃管理系統之規劃與建置:**發展科教評量相關支援系統，以提供後續相關研究之發展。

二、文獻探討

2.1 科學評量之電腦化施測

隨著電腦與網路科技的進步，電腦線上測驗已經被廣泛應用在許多測驗檢定上，例如英文語言檢定測驗，TOEFL，便是利用電腦化測驗來進行測試，而目前亦更進一步的修改測驗模式成為TOEFL-IBT(Internet Based Test, IBT)，以達能檢定受測者更多樣的能力。然而，在以前測驗考試方式均是以傳統紙筆測驗方式進行。紙筆測驗雖具有簡單、方便等優點，但卻具有下列缺點，致使其發展受到限制。

(1) 耗時：紙筆測驗要求所有考生都要做完所有題目，所以考生作答時間較長，而施測完畢後，仍需由人工進行閱卷或讀卡，整個過程相當耗時。

(2) 效率不彰：所有考生均回答同樣的試題，能力高的考生仍須回答低難度的問題，能力低的考生被迫回答超乎其能力的試題,致使諸多施測的試題因無法測得考生能力而失去其意義，造成測驗效率不彰。

(3) 無法評量學生的多元能力：由於紙筆測驗測量的概念易流於零碎、片段，間接助長教師以填鴨、單向灌輸的方式來進行教學，連帶使學生為了應付考試，成為只背誦片段知識的機器。

相對於紙筆測驗而言，電腦化測驗由於使用電腦作為施測工具，透過電腦強大的影音功能與計算處理能力，使其在測驗題型的使用上更為多樣化。針對電腦科技的引進，電腦化測驗具有幾項優點：(1)即試即評、(2)題型多樣化與高互動性，可達測驗多元能力、(3)省時省力、(4)可做測驗結果分析、(5)可反應受測者真實能力。

然而長久以來，科學教育的評量多以使用紙筆測驗(Paper-and-Pencil Test)作為評量方式，因其為具有標準答案、計分方便且具公平客觀的測驗方式(如使用選擇題、是非題、配合題等客觀式測驗試題)。但紙筆測驗通常僅能評量到**較低層次的認知能力目標**(記憶、理解)，對於**較高層次的認知能力目標**(如分析、綜合、應用、評鑑)則比較無法評量。Shepard (1997)認為評量應以引發學生高層次的思考為主，需同時強調學習歷程與結果，評量過程應與教學整合。評量被用來評估教學與學生的學習，應該是一種發掘教學缺失，鑑別學習困難，提供適切的建議與改進之力，以改進教學，幫助學習的過程。故評量目的應需能夠了解學生的學習進展、意願和興趣，幫助學生發掘學習的困難，並鑑別其原因等。故評量不應只發生在教學結束，也應該在過程中進行評量，故評量應著重學習過程，而非僅是結果(鄭湧涇) (吳嘉峰, 2006)。

而如今的科學學習主要強調科學探究能力與過程技能的培養與獲得，因此學習成果不應還只限於認知領域的記憶，學生應該有的態度、情操、探究能力和科學素養已經不再是只用紙筆測驗就可以評量，因為紙筆測驗評量是無法有效針對學習與評量的過程進行測試與分析的。例如，Scientific Inquiry Literacy Test (ScInqLiT) 便無法正確的評量學生在科學探究(Scientific Inquiry)上的能力. 因為科學探究能力的評量應須能讓學生能建構與規劃科學實驗以及陳述合理的論述。此外，須提供給學生觀察性的資料，以進行觀察與論證其觀點，故 ScInqLiT 僅能視為一指標性的評量 (Wenning, 2007)。

故傳統的紙筆測驗從答題的正確率來評鑑學生，所得到的只是學生對「概念」的了解程度，但是忽略了「過程技能」與「學習態度」，不足以完整呈現學生真正的學習成果。Collins

(1991)提出電腦與網路資訊科技的有效導入，將可使的教學與學習模式產生改變，學習將轉變成以學生為中心，學習過程從靜態轉為主動積極的探索與建構模式，而學習評量亦將由靜態且重結果的評量轉變成動態且重視評量歷程的多元化評量方式。

因此，電腦資訊科技的進步，電腦化測驗應該充分發揮電腦的優勢，發展新型態的評量機制與模式，早期的電腦化測驗著重於評量施測與計分模式的自動化，對於新型態的評量機制並未深入探討，並未融入精緻施測介面，圖形及多媒體等創新試題概念(Harmes, 2000)(張文宜, 2004)。然而，要有效評量學生在科學學習概念、科學探究、過程技能與問題解決等科學知識之能力，如不能有效運用電腦強化的資訊處理與運算能力，提供更精緻化的學習評量分析與建議處理，則難以有效了解學生真實的學習歷程狀態與學習迷失所在。故目前已有許多研究開始積極探索利用電腦處理能力來規劃新型態的評量模式與分析機制。

因此，在NAEP 2009架構中，亦導入電腦化測驗(**Interactive Computer Tasks)**以進行特定能力作測試，其中說明電腦化測驗(1)可克服原有紙筆測驗之缺點、(2)可分析測驗結果、(3)可提供複雜性測驗之解決方法、(4)可自動化處理答題結果、(5)可提供科學現象之模擬，以達到評量測驗之目的、(6)可避免有危險性測驗的安全問題等等，皆是NAEP 2009導入電腦化測驗的原因。

傳統的電腦化測驗多著重於電腦施測與計分模式的自動化，雖然目前在電腦適性化測驗(CAT)的研究有了長足的發展，但對於如何利用電腦科技技術來分析與評量學生在科學學習概念、科學探究、過程技能與問題解決等等需著重於學習歷程與過程資訊的支援模式與分析能力的多元性評量架構與模式，仍明顯不足，因此，目前，有許多研究已開始應用電腦技術來開發新的評量模式與架構，以提供更多元性的學習歷程評量方式，例如: 在 NAEP 2009 的評量測驗中，已開始應用電腦技術來進行電腦化測驗(**Interactive Computer Tasks)**以進行科學學習的特定能力作評量。在其規範所提及的**資訊搜尋與分析(Information Search and Analysis)**評量模式的 **TRE Web Search Task 範例**，便要求學生利用搜尋引擎來完成所設定的評量任務，並針對學生在解題過程中的搜尋、書籤的標記狀況、以及一連串相關問題的回答狀況等評量歷程資訊來作為判斷與評定學生在**(1)科學探究能力、(2)科技環境中的問題解決能力、(3)電腦技能、(4)解釋、與(5)綜合等能力**上的表現狀況。此外、尚有(1)**實際研究(Empirical Investigation)**、(2)**模擬(Simulation)**、(3)**概念圖(Concept Maps)**等多樣的電腦支援科學學習歷程的評量模式。而 Integrative Performance Assessments of Technology (IPAT, 2007)亦針對評量學生的科學探究歷程與電腦使用技能的能力設計了多個相關的評量模式，希望提供給教師可更完善的了解學習過程狀況與概念、過程能力改變的狀況，進而提供給學習者更適切的學習教導與評量建議。

2.2 問題與測試互操作性(Question & Test Interoperability, QTI) (2008)

因本計劃目的為規劃與分析本國科教電腦施測之架構與模式，因此，為了有效表示電腦施測時所使用的電腦試題，因此，本計劃採用國際標準 QTI 作為試題的表示標準格式以讓本計畫所規劃之試題能夠與國際接軌，並能達到試題具有可分享與再利用之目的。故以下針對 IMS 之 QTI 做介紹。

現有的題庫系統因為沒有統一的標準格式，因此各系統間不能有效的互相共用試題資源，導致了重複的試題開發，浪費了大量的人力物力，且使得題庫無法得到廣泛的普及。此外，因無法得到廣泛的使用，使得題庫的修訂和校正缺乏完善的資料基礎，因此難以提

高整個題庫資料的品質。因此，為了使各學習系統中之試題資源亦可達到和網路教材一樣可以具有互操作性、長期性、可獲得性、可擴展性和可重用性等特性。因此，IMS(2008)組織便制定的[問題與測試互操作性(Question & Test Interoperability Specification, QTI)]標準規範。此規範主要在解決目前試題資源的獨享性和缺乏開放性等問題。IMS 定義了一試題資料的表示模型，該模型為 QTI 互換模型提供了題庫中內容的表現形式和內容的組織方法，即為如何對已有的內容進行組織描述，此模型架構如下圖 3 所示。

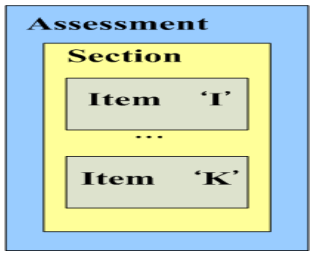


圖 3：QTI 之模型架構

2.2.1 評量試題之描述資料(Metadata)

為了能有效管理數位內容與教材，以使教材能夠達到再利用(Reusing)、可分享(Sharing)與互操作性(Interoperability)之目的，國際上已提出許多相關的國際標準，例如: IMS (2008)（Instructional Management System）、IEEE LTSC LOM (2004)（IEEE Learning Object Metadata）、LMML (2004)（Learning Material Markup Language）、SCORM (2007)（Sharable Content Object Reference Model）、Dublin Core (DCMI, 2008)、AICC (2008) (Aviation Industry CBT Consortium)、ARIADNE (2008) (Alliance for Remote Instructional and Authoring and Distribution Networks for Europe)、ULF (2008)（Universal Learning Format）等等。而在有效描述數位內容與教材資料上，目前以 IEEE LTSC LOM 的最為廣泛使用，IMS 與 SCORM 在內容資料描述上亦是採用 LOM 的標準格式。然而，雖然 IEEE LOM 標準廣為國際上使用，但其在各特定領域上的定義上有其不足之處，故目前在國際上有許多應用便是在基於 LOM 的標準上，針對實際之需求做延伸與定義。因此，如何針對各自研究與應用上之需要，進行對各自採用之國際標準作定義規劃與延伸，仍有待更深入的研究與討論。

而在目前各項國際標準中，以 IEEE LTSC LOM 的數位資源描述規範最被廣泛使用，包含 ADL SCORM 與問題與測試互操作性(Question & Test Interoperability, QTI) (2008, 2006a)皆採用此標準做延伸定義。因此在數位資源的描述規範上，本計畫採用 LOM 規範作為基準，並針對實際在電腦施測上之需求做延伸，以下先針對 LOM 標準的規範定義作介紹。

IEEE LTSC LOM（IEEE Learning Object Metadata）

當 IMS 組織成立的同時，National Institute for Standards and Technology (NIST) 和 IEEE LTSC P.1484 研讀小組也正在探討制訂有關教學教材的相關標準。後來 NIST 和 IMS 的努力成果互相結合，且 IMS 也開始跟 ARIADNE 合作。在 1998 年，IMS 和 ARIADNE 共同向國際電氣和電子工程師協會(IEEE)提案，此提案草稿就是現今 IEEE Learning Object Metadata（LOM）的基礎文件。IEEE 成立了一個學習技術標準委員會(Learning Technology Standard Committee, IEEE LTSC)，LTSC 組織力量發展有關標準的研究工作，現已形成了 IEEE p1484 標準體系，其致力於推動教學軟體、工具、開發，維護、與內容的標準，為內

容平台標準制定組織。LTSC 有多個工作小組，其中 Learning Object Metadata(LOM)工作小組負責內容標準的制定，其標準藍圖是以 IMS 為基礎加以修飾而成。

LOM 的主要目標是希望藉由此標準的完善，可以讓學習者、教學者和系統軟體更能有效快速的進行搜尋、評估以及資源的獲得與使用。更甚者，可以促進學習資源的交換與分享。所謂一份符合 LOM 架構的文件必須滿足四個條件：

(1) 文件中必須至少含有一個 LOM 所定義的元素。

(2) 所有的 metadata 元素都只能用來描述規格表中所定義的功能，而不能作為其他的使用。

(3) metadata 中元素的值及結構必須遵守規格所定義的架構。

(4) 如果 metadata 中包含括充的結構，那麼這些結構並不能取代 LOM 原本所定義的結構。

LOM 定義了一組專門用來描述學習資源的元素。它將教材文件標籤分成九大種類，每一種類下面仍有子標籤來描述相關的內容，這九大種類如下表 1 所示：

表1：LOM教材文件標籤

Name(名稱)	Explanation(解釋)	Multiplicity
1. **General (一般資源描述)**	包括 title, description, date of creation, version 等，組合一般性資訊描述整個資源。	single instance
2. **Lifecycle (歷史資料)**	描述歷史性資料和這個資源目前狀態以及影響這個資源演進的相關人員。	single instance
3. **Meta-metadata (再詮釋資料)**	描述 meta-data 本身記錄相關資訊,非此資源資訊。	single instance
4. **Technical (技術性資訊描述)**	描述技術需求與此資源的特性，包括實體教學教材實際位置。	single instance
5. **Educational (教育特性)**	描述此資源教學或教育上的特性。	single instance
6. **Rights (狀態描述)**	描述使用此資源在知識層次特性的權力和狀況。	single instance
7. **Relation (關聯性描述)**	描述此資源和其他標的資源之間的關係和特性。	unordered list (32 items)
8. **Annotation (註解與評論)**	提供在教育上使用此資源的建議，以及此資源在何時由誰所建立的相關資訊。	unordered list (32 items)
9. **Classification (分類)**	藉由資源之分類來針對資源的特性做說明。	unordered list (10 items)

QTI 亦引用了 LOM 的規範格式，但 QTI 針對其實際需求，對 LOM 規範做了修改，下圖 4 即為 QTI 引用 LOM 所做的定義，其各類別的子元件說明可參考 QTI V2.1 的 Metadata 說明(QTI, 200ba)。

```
- <lom>
  - <General>
      <identifier />
      <title />
      <language />
      <description />
      <keyword />
      <coverage />
    </General>
  - <Lifecycle>
      <version />
      <status />
      <contribute />
    </Lifecycle>
  - <meta_metadata>
      <identifier />
      <contribute />
      <metadata_schema />
      <language />
    </meta_metadata>
  - <Technical>
      <format />
      <size />
      <location />
      <Other_Platform_Requirements />
    </Technical>
  - <Educational>
      <learning_resource_type />
      <Context />
      <typical_learning_time />
      <description />
      <language />
    </Educational>
  - <Rights>
      <cost />
      <copyright_and_other_restrictions />
      <description />
    </Rights>
  - <Relation>
      <kind />
      <resource />
    </Relation>
    <Annotation />
    <Classification />
</lom>
```

圖 4: QTI 引用 LOM 之規範格式

此外，IMS QTI v2.0 的專屬 QTI Metadata 元件的定義如下:

qtiMetadata:

(1) **itemTemplate:**用來識別所定義的試題是否套用試題模板(item template)。

(2) **timeDependent:**定義試題是否為有限定作答時間。

(3) **composite:**識別試題是否包含多個 QTI 所定義之互動形態(Interaction)。

(4) **interactionType:** 定義試題所具有的互動形態(Interation Type)為何。型別有:(associateInteraction, choiceInteraction, customInteraction, drawingInteraction, endAttemptInteraction, etc.)[7]

(5) **feedbackType:** 定義試題所具有的回饋形態(Feedback Type)為何，根據其型態來決定回饋答題資訊的方式。型別有:(none, nonadaptive, adaptive)。

(6) **solutionAvailable:**定義該試題是否有解答。

(7) **toolName:**用來編輯試題所需的工具名稱。

(8) **toolVersion:** 用來編輯試題所需的工具版本。

(9) **toolVendor:** 用來編輯試題所需的工具販售商。

2.2.2 QTI 試題架構

在 QTI 規範中，一個試題可能為一個單題(Stand alone Item)亦可為一複合題(Composite Item)，端視其題目結構的關連程度而定，但皆以 assessmentItem 為試題的表示根元件(Root Element)，並搭配其相關屬性定義與關聯的子元件來構成 QTI 的試題表示架構。

其 QTI 試題的定義如下:

<assessmentItem>:試題的表示根元件(Root Element)

所包含之元件定義(Elements):

- **<responseDeclaration> :** 宣告 Response Variable。
- **<outcomeDeclaration> :** 宣告 Outcome Variable。
- **<templateDeclaration>** : 宣告 Template Variable。
- **<templateProcessing> :** 定義規則以計算 Template Variables 之數值。
- **<stylesheet> :** 定義與 Item 所關連之 stylesheet。
- **<itemBody> :**說明 Item 之主要構成部分，文字、圖形與互動模式將被描述於此。
- **<responseProcessing>:** 定義處理 Candidate's Responses 的使用規則。
- **<modalFeedback>:** Response Processing 依據 outcome variable 的數值做處理，而 Feedback 將依此而有條件地對 Candidate 做回應。

以下為 QTI 試題之範例:

範例(Example):

下圖 5 為 QTI 簡單試題(Simple Items)之顯示畫面，其型態之試題表示僅包含一個互動操作(Interaction)點，例如:選擇題。而此試題物件所相對應的 XML 資料將如圖 6 所示，由圖 6 可知，試題由<assessmentItem>所包覆，而<itemBody>包含試題之主要主體元素。

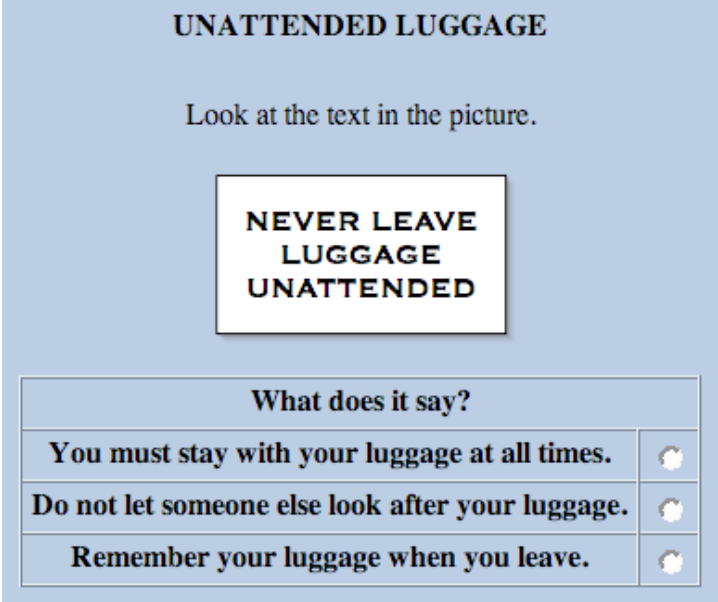


圖 5: Unattended Luggage (Illustration). (QTI, 2006b)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <assessmentItem xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p1 imsqti_v2p1.xsd"
identifier="choice" title="Unattended Luggage" adaptive="false" timeDependent="false">
- <responseDeclaration identifier="RESPONSE" cardinality="single" baseType="identifier">
- <correctResponse>
  <value>ChoiceA</value>
  </correctResponse>
  </responseDeclaration>
- <outcomeDeclaration identifier="SCORE" cardinality="single" baseType="integer">
- <defaultValue>
  <value>0</value>
  </defaultValue>
  </outcomeDeclaration>
- <itemBody>
  <p>Look at the text in the picture.</p>
- <p>
  <img src="images/sign.png" alt="NEVER LEAVE LUGGAGE UNATTENDED" />
  </p>
- <choiceInteraction responseIdentifier="RESPONSE" shuffle="false" maxChoices="1">
  <prompt>What does it say?</prompt>
  <simpleChoice identifier="ChoiceA">You must stay with your luggage at all times.</simpleChoice>
  <simpleChoice identifier="ChoiceB">Do not let someone else look after your luggage.</simpleChoice>
  <simpleChoice identifier="ChoiceC">Remember your luggage when you leave.</simpleChoice>
  </choiceInteraction>
  </itemBody>
  <responseProcessing
template="http://www.imsglobal.org/question/qti_v2p0/rptemplates/match_correct" />
  </assessmentItem>
```

圖 6: 圖 5 之相對應 XML 表示之內容資料(QTI, 2006b)

2.2.3 QTI 試卷架構(Tests (Assessments))

QTI 的各個單一試題，可以依照其需求與關連性，建構組織成為一個試卷，其試卷架構主要由 assessmentTestm 元件所建構，其試卷之規範定義如下:

<assessmentTest>:試卷的表示根元件(Root Element)

所包含之元件定義(Elements):

- **<outcomeDeclaration>:** Declares an outcome variable
- **<timeLimits>:**

- **<testPart>:** Each test is divided into one or more parts
- **<outcomeProcessing>:** Defines the set of rules for calculating test-level outcomes.
- **<testFeedback>:** Test or test-part feedback.

以下為 QTI 試卷之範例:

範例(Example):

此範例說明如何利用 QTI 試卷架構來建構能規範每一試題作答之時間限制，在此例中，利用<assessmentTest>將分別之試題包裝成一份試卷，利用<testPart>來定義試卷的模組區塊，以作為答題控制處理，再利用<assessmentSection>來將相關試題定義成試卷的題組(Section)，並利用<timeLimits>來設定每一試題的答題時間限制。下圖 7 為此試卷範例的 QTI XML 格式。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <assessmentTest xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p1"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p1 imsqti_v2p1.xsd" identifier="RTEST-09"
title="Steve's Test">
  - <testPart navigationMode="linear" submissionMode="individual">
      <itemSessionControl showFeedback="true" maxAttempts="1" showSolution="false" />
      <timeLimits maxTime="PT1H" />
    - <assessmentSection identifier="sectionA" title="Section A" visible="true">
      - <rubricBlock view="candidate">
          <p>Instructions for Section A</p>
        </rubricBlock>
      - <assessmentItemRef identifier="item034" href="item034.xml">
          <itemSessionControl maxAttempts="0" />
          <timeLimits minTime="PT3M" maxTime="PT10M" />
        </assessmentItemRef>
        <assessmentItemRef identifier="item160" href="item160.xml" />
        <assessmentItemRef identifier="item063" href="item063.xml" />
      </assessmentSection>
    - <assessmentSection identifier="sectionB" title="Section B" visible="true">
        <itemSessionControl maxAttempts="2" />
        <timeLimits maxTime="PT2H" />
      - <rubricBlock view="candidate">
          <p>Instructions for Section B</p>
        </rubricBlock>
        <assessmentItemRef identifier="item434" href="item434.xml" />
        <assessmentItemRef identifier="item065" href="item065.xml" />
        <assessmentItemRef identifier="item365" href="item365.xml" />
      </assessmentSection>
  </testPart>
</assessmentTest>
```

圖 7: XML file of Tests (Assessments) (QTI, 2006b)

2.2.4 內容包裝機制(Content Packaging Scheme)

在定義完試題與試卷之 QTI 標準表示格式之後，因其格式定義主要試題與試卷呈現的架構，但如要進行電腦施測，尚需要如 2.2.1 章節所描述的詮釋資料，以及真正試題的媒體資料檔案，才能讓電腦進行電腦顯示與測驗分析，因此，QTI 採用 IMS 所提出的內容包裝(Content Packaging, 2008)機制來將每一試題或試卷的相關描述資料與實體檔案利用 XML 的描述機制進行包裝處理，IMS 的內容包裝格式包含 Metadata、Organizations、Resources 與 submanifest 等 4 部分，以使所製作的試題或試卷可以達到共享與再利用之目的。

試題包裝(Packaging Items):

在試題包裝部份，假設僅包裝單一試題資料時，包裝的資料將包含以下:

- **Manifest:** 用來描述包裝架構的 XML 檔案，稱為 imsmanifest.xml。
- **Item :** QTI XML 檔案。
- **附檔檔案(Auxiliary Files):**與試題資料相關聯之各項實體檔案，例如:圖片等。

描述試題的 Meta-data 資料，將被組織架構在 Manifest 檔案中的 Resource 部分與試題資料一起作包裝，以表示此 Metadata 為用來描述試題資料的。而用來描述整份包裝內容的 Metadata 將被置於包裝架構的 Metadata 部分，主要用來描述包裝內容檔案資料，而非試題資料的描述。

試卷包裝(Packaging Tests):

當同時包裝試題與試卷資料時，需在包裝檔案的 Resource 部分指定描述試卷資料的所有相關檔案，如同包裝試題一樣，描述試卷的 Metadata 亦須與試卷資料一同被包裝在 Resource 部分。而如試題與試卷有相關聯性時，則可用 *dependency* 來定義其彼此間之參考連結。而目前有關試卷的組織結構定義(organization)，在 QTI 的目前規範中，為預留至未來使用，因此，在本計劃中，如因試題題型施測之需要，則須加以延伸與定義此部份之架構。以下圖 8 為包裝試題與試卷之範例檔，由其表示可瞭解試題與試卷資料皆被包裝在 Resource 部分，並伴隨其相關之 Metadata 資料與實體檔案資料，而彼此間之關聯參考則用 **dependency** 來作定義。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <manifest xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1"
xmlns:imsmd="http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:imsqti="http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p0"
identifier="MANIFEST-85D76736-6D19-9DC0-7C0B-57C31A9FD390"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1
http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1.xsd http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2
http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2p2.xsd http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p0
http://www.imsglobal.org/xsd/imsqti_v2p0.xsd">
  - <metadata>
    <schema>IMS Content</schema>
    <schemaversion>1.1</schemaversion>
  - <imsmd:lom>
    + <imsmd:general>
    + <imsmd:lifecycle>
    - <imsmd:technical>
        <imsmd:format>text/x-imsqti-item-xml</imsmd:format>
        <imsmd:format>text/x-imsqti-test-xml</imsmd:format>
        <imsmd:format>image/png</imsmd:format>
      </imsmd:technical>
    - <imsmd:metametadata>
        <imsmd:metadatascheme>LOMv1.0</imsmd:metadatascheme>
        <imsmd:metadatascheme>QTIv2.0</imsmd:metadatascheme>
        <imsmd:language>en</imsmd:language>
      </imsmd:metametadata>
    + <imsmd:rights>
    </imsmd:lom>
  </metadata>
    <organizations />
  - <resources>
  - <resource identifier="RES-BCA84FC0-53F9-ABBD-C3FE-BDB5B825CA9ZE"
```

```
    type="imsqti_assessment_xmlv2p1" href="example/rtest.xml">
    - <metadata>
      - <imsmd:lom>
        + <imsmd:general>
        + <imsmd:lifecycle>
        - <imsmd:technical>
            <imsmd:format>text/x-imsqti-test-xml</imsmd:format>
          </imsmd:technical>
        </imsmd:lom>
      </metadata>
      <file href="example/rtest.xml" /> // test xml file
      <dependency identifierref="RES-BCA84FC0-53F9-ABBD-C3FE-BDB5B825CA9E" />
      <dependency identifierref="RES-B38DF83F-A291-86DA-4EC3-B2CEBD1515A4" />
      </resource>
  - <resource identifier="RES-BCA84FC0-53F9-ABBD-C3FE-BDB5B825CA9E"
    type="imsqti_item_xmlv2p0" href="example/adaptive.xml">
      - <metadata>
          + <imsmd:lom>
          + <imsqti:qtiMetadata>
        </metadata>
        <file href="example/adaptive.xml" /> //item xml file
        <file href="example/green_door.png" />
      </resource>
  - <resource identifier="RES-B38DF83F-A291-86DA-4EC3-B2CEBD1515A4" type="imsqti_item_xmlv2p0"
    href="example/choice.xml">
      - <metadata>
          + <imsmd:lom>
          + <imsqti:qtiMetadata>
        </metadata>
        <file href="example/choice.xml" /> //item xml file
    </resource>
      </resources>
    </manifest>
```


圖 8: XML file of Package with Test and Items

2.3 科學學習概念與本體知識架構

本體知識架構(Ontology)在Gruber (1993)的定義中為[*An ontology is an explicit specification of a conceptualization.*]，其意旨本體知識架構為概念(Concept)的明確定義與表示，而概念則意旨真實世界中的事物或現象之抽象描述，例如: 生物分類與課程內容章節架構。而Ontology亦可視為領域術語(Term)的階層式結構，以用來做為知識庫的骨幹表示架構(B. Swartout et al., 1996)。Ontology**之**組成元素則包含:**(1) 類別/概念（Classes/Concepts）**：指任何事物，如工作、功能、行為、策略和推理的過程等，**(2) 關係（Relations）**：指在領域中概念之間的交互作用，如子類別關係（subclass-of）及連接關係（connected-to）之二元關係，**(3) 函數（Functions）**：是一類別的特殊關係，如Mother-of 即為一函數，mother-of(x,y)表示y為x的母親，**(4)公理（Axioms）**：代表永真（Always True）斷言，如概念乙屬於概念甲的範圍，**(5)實例（Instances）**：用來表示元件（Element），即從語意上來作實例的表示。(T.R. Gruber, 1993; A.G. Perez and R. Benjamins, 1999)

因為Ontology可被用來表示領域模式的概念與知識描述，故可作為電腦進行資訊處理時的語義知識來源與推論基礎，以讓電腦進行更高階層的資訊處理，例如:資料搜尋時的語意分析、資料管理時的文件分類、人機互動時的語意推論、自動控制時的情境行為分析、及智慧型代理人(Intelligent Agent)的推論處理等等，都可藉由Ontology來進行其內部的知識架構的表示模式。故利用本體知識架構(Ontology)，將可針對科教領域施測科目作概念分析與關聯建構，並依照其施測模式來規劃其施測知識架構，利用此知識架構中之概念定義與其關連性，將可提供科教評量電腦化施測時之試題規劃、建構、管理、出題、施測與統計分析。

三、研究方法與結果

科學素養(Scientific Literacy)是多維度(Multidimensional)以及具有多樣型態與層次的，NRC (1996)定義了教師應該企圖讓學生完成有關科學素養的六個主要元素:(1) science as inquiry, (2) science content, (3) science and technology, (4) science in personal and social perspectives, (5) history and nature of science, 與(6) unifying concepts and processes. 所以科學素養是希望學生經過科學教育的過程後，可以利用科學知識、技能、以及科學精神和方法來解決問題。因此科學教育應該著重在了解這些科學知識的應用，科學探究與過程技能的培養與教導。然而長久以來，科學教育的評量多以使用紙筆測驗(Paper-and-Pencil Test)作為評量方式，因其為具有標準答案、計分方便且具公平客觀的測驗方式(如使用選擇題、是非題、配合題等客觀式測驗試題)。但紙筆測驗通常僅能評量到**較低層次的認知能力目標**(記憶、理解)，對於**較高層次的認知能力目標**(如分析、綜合、應用、評鑑)則比較無法評量。Shepard (1997)認為評量應以引發學生高層次的思考為主，需同時強調學習歷程與結果，評量過程應與教學整合。評量被用來評估教學與學生的學習，應該是一種發掘教學缺失，鑑別學習困難，提供適切的建議與改進之力，以改進教學，幫助學習的過程。故評量目的應需能夠了解學生的學習進展、意願和興趣，幫助學生發掘學習的困難，並鑑別其原因等。故評量不應只發生在教學結束，也應該在過程中進行評量，故評量應著重學習過程，而非僅是結果(鄭湧涇) (吳嘉峰, 2006)。

因此，本計畫規劃了我國科學教育長期追蹤之電腦施測的科教領域知識評量示範架構、評量指標之詮釋資料(Metadata) 示範架構、試題資源之標準化示範模式與施測系統之示範架構，以進而建立我國科教長期追蹤之電腦化施測系統示範架構規範，以作為後續長期追蹤調查的相關電腦化施測研究之發展參考依據。

3.1 科教概念知識結構之分析與規劃

3.1.1 科學學習評量本體架構(Assessment Ontology Framework)

為了能針對科學教育領域中的科目(數理、生物、化學、物理與地球科學) 之施測需求與規劃來提供電腦施測的模式規劃與功能架構，因此必須對施測之科教科目進行其領域知識的概念作規劃，並定義其領域概念間之關係與施測模式之架構，以便建構能讓電腦進行有效試題管理、施測與分析之知識架構。如前所述，目前 Ontology 因其具實用價值，故被廣泛的應用在資訊自動化處理、智慧型代理人及語意網路分析上，而其建構模式與程序步驟，亦有許多研究文章針對不同的領域(Domain)需求提出其方法與程序(M. Gruninger and M.S. Fox, 1995; N.F. Noy and D.L. McGuinness, 2001; M. Uschold and M. Gruninger, 1996)。故本計劃分析與歸納目前現有已提出之 Ontology 建構程序，針對本計劃之科教施測模式之需求，來規劃適當之科教電腦施測本體知識架構。

故以 N.F. Noy 與 D.L. McGuinness (2001)所提出之建構方式與程序作為參考，針對[**科學認知與學習之全國性調查研究—先期規劃**]**計畫**所規劃之評量架構，來進行評量本體知識架構之建構處理。

本體知識架構建構程序(Ontology Construction Procedure):

(1)本體知識架構之領域及範圍之定義: 領域與範圍[**科學認知與學習之全國性調查研究—先期規劃**]**計畫**所規劃之 **1)物理**、**2)化學**、**3)生物**、與 **4)地科**。

(2)既有本體知識之引用與延伸: 針對所欲規劃之領域範圍，搜尋是否有現有之領域 Ontology 可做為參考，其包含所欲建構領域中之子領域知識，蒐集與參考分析後，作為整體目標領域知識建構之基礎，故參考與分析**先期規劃計畫**所規範之領域概念知識與施測模式來作建構規劃。

(3) 領域重要詞彙之分析與列舉: 其詞彙來源將包含:1) 主題與次主題(Science Content Topics and Subtopics)(表 2)、2) 科學實務(Science Practices)(表 3)、3) 跨學科與實務評量架構(Crossing Content and Practices)(表 4)、4) 學科內容描述(Content Statement)、5)內容界線(Content Boundaries)、6)效能預期(Performance Expectations)(表 5)及 7)年級(Grade)。

(4) 領域類別與階層關係之定義: 分析所列舉之領域重要詞彙，依據其在目標領域中之概念地位與彼此之關係架構作定義，以建構其概念類別與階層關係架構。故分析表 2 至表 5 來定義其概念類別與關聯架構。

(5)各領域類別的特徵屬性之定義: 定義用來描述每一類別的特徵屬性。

(6)屬性限制之定義: 定義每一屬性的限制(Facets)，以避免知識資料擷取與建立的錯誤，例如:資料的類別、極大、極小值與屬性類型(Value Type)。

(7)建立知識實體: 依照以上之流程步驟，便可將**先期規劃計畫**所規劃之領域科目與施測模式進行詞彙定義與關聯架構作建構其初步結果請參考如圖 9 所示之**先期規劃計畫**的 Ontology Framework，而圖 10 則為其細部範例。

表 2: 學科內容主題與次主題

科目	主題	次主題
物理	物質	物質的特性、物質的改變
	能量	能量的形式、能量的傳遞、轉換和守恒
	運動	巨觀層次的運動、力與運動
化學	物質的形成	物質的組成、物質的構造
	物質的性質	物質的一般性質、固體的性質、液體(水溶液)的性質
		氣體的性質、物質的分類
	物質的變化	化學反應、化學平衡、酸鹼反應、氧化與還原
		有機化學反應
	能量	反應熱、能源形式及其轉換
	化學應用	生活中的化學、化學與永續發展、化學與先進科技
生物	生物體的構造與功能	構造與發育、物質與能量的轉化、生物間互相依賴
	生物體的改變	遺傳與生殖、演化與多樣性
地科	國小(四年級) 天文、氣象	認識月亮、觀測月亮、月形的變化 氣溫變化、風向風力、氣象與生活
	國小(六年級) 地質、氣象	岩石組成、地表作用、化石 天氣變化描述、天氣圖、颱風
	國中(九年級) 天文、海洋	宇宙的組織、太陽系、太陽的視運動 海岸變遷、海嘯、海洋深層水
	高中(十二年級) 地質、氣象	地球歷史、地震、岩石與礦物 颱風、全球變遷、天體運動

表 3: 科學實務的主項目和次項目

主項目	次項目
1. 科學知識的理解：學生對於科學事實、資訊、概念的基礎	1.1. 事實(facts)：科學事實、科學專有名詞及科學定律
	1.2 關係(relationship)：科學事實、概念及科學定律中與之相關的屬性、結構、功能和關係之知識
2. 科學知識的應用	2.1. 生活的應用：科技發展的歷史及在人類文明所扮演的角色，瞭解科技可以改變人類的生活。
	2.2. 科技的應用：科學與科技的關係，及科學原理如何運用於科技之中。
3.科學探究的能力 (1) 科學過程技能：科學家從事研究以獲取科學知識的歷程中所運用的手法與策略	3.1 觀察：利用感官獲取關於物體或事件的訊息。
	3.2 分類：根據物體或事件的特質或標準，以聚集或排序列出不同的類別。
	3.3 測量與記錄數據：利用標準或非標準測量或估算，來描繪物體或事件的尺寸。
	3.4 分辨與控制變因：辨識出能影響實驗結果的變因，控制到只操弄獨立變因，而其他均保持不變的地步。
(2) 科學探究的能力(問題解決的能力)： 問題解決是個體利用認知過程去面對和解決不熟悉、更為複雜的真實情境，問題內容通常是跨領域的，需要學生進一步加以推論、分析以決定與問題相關之關係與概念	3.5 理解問題/提出問題或假設：學生是否瞭解文本、圖表或公式等資料來源，並能藉此從他們的背景知識中抽取適當資訊來理解給予的資訊
	3.6 表徵化：包括學生如何建立表徵、轉化表徵，或者如何應用給定的外在表徵以解決問題
	3.7 分析/找出特徵：包括學生如何分析與定義問題中的變數以及變數之間的交互關係
	3.8 提出並評鑑解答（含解釋或預測）：由給予的資訊預測趨勢、進行推論、提出解釋。並能評估不同解釋和問題解決的策略，以支持其想法。
4. 量化推理能力	4.1 歸納推理：指能觀察數據中的規律或特徵，並根據此規律作進一步的預測或推論。 4.2 演繹推理：指在處理數據時，能根據邏輯的理由推導出結論，並說服他人該推理在整體上的合理性。 4.3 比例推理：指能利用變數間比例的關係進行推理 4.4 合併與分解：指能適當處理科學數據的合併與分解的推理能力 4.5 單位轉換：指能進行單位的轉換，進而用單位協助推理
5. 科學的本質：在科學的知識和其發展中所蘊含的獲知的方法、價值與信念。	5.1 科學的世界觀：科學家對他所做的以及他如何看待他成果的信念與態度，包括：世界是可理解的；科學的想法是可改變的；科學的知識是持久的；科學無法對所有的問題提出完全的答案等。 5.2 科學的探究： 科學的特色也包括在其探究的特殊處：科學是需要證據的；科學是結合邏輯與想像的；科學進行解釋與預測；科學家試圖察覺並避免偏見；以及科學不是權威等特質上。

	5.3 科學的事業：科學是包含有個人的、社會的以及機構的不同面向的事業，因此：科學是複雜的社會活動：科學被分成不同的學科內容，並且在不同機構執行；執行科學時也遵行一般性的倫理法則；而科學家也參與其特殊的或一般的公共事務。
6. 態度與情意因素： 於眾多的態度與情意因素中以對科學的焦慮感、動機及性格(外向型或內向型)為主要的探討要項	6.1 焦慮：在學習理論中，焦慮指一種次級的或條件性的內趨力，它驅動個體做迴避反應；焦慮包含了緊縮不安焦急憂慮擔心與恐懼等感受；焦慮有兩種類型，特質性焦慮與情境性焦慮。 6.2 動機：引起個體活動或維持已引起的活動並促使該活動朝向某一目標進行的內在歷程；各項動機中以成就動機、親和動機、合作動機、誘因動機與目標導向動機為主。 6.3 性格：個體在其生活中對人、對事、對己以至對整體環境適應時所顯示的獨特個性；性格展現於需求、動機、性趣、能力、態度或價值觀等方面；從情境論或互動論的觀點來看，性格與行為的關係有不同的解釋。

表 4: 評量架構簡圖

內容 科學實務	**P 物理**	**C 化學**	**B 生物**	**E 地科**	**I 跨學科**
1. 科學知識的理解	對學生表現的期望 PX1	對學生表現的期望 CX1	對學生表現的期望 BX1	對學生表現的期望 EX1	對學生表現的期望 IX1
2. 科學知識的應用	對學生表現的期望 PX2	對學生表現的期望 CX2	對學生表現的期望 BX2	對學生表現的期望 EX2	對學生表現的期望 IX2
3. 科學探究的能力	對學生表現的期望 PX3	對學生表現的期望 CX3	對學生表現的期望 BX3	對學生表現的期望 EX3	對學生表現的期望 IX3
4. 量化推理能力	對學生表現的期望 Content X 4				
5. 科學的本質	對學生表現的期望 Content X 5				
6. 態度與情意因素	對學生表現的期望 Content X 6				

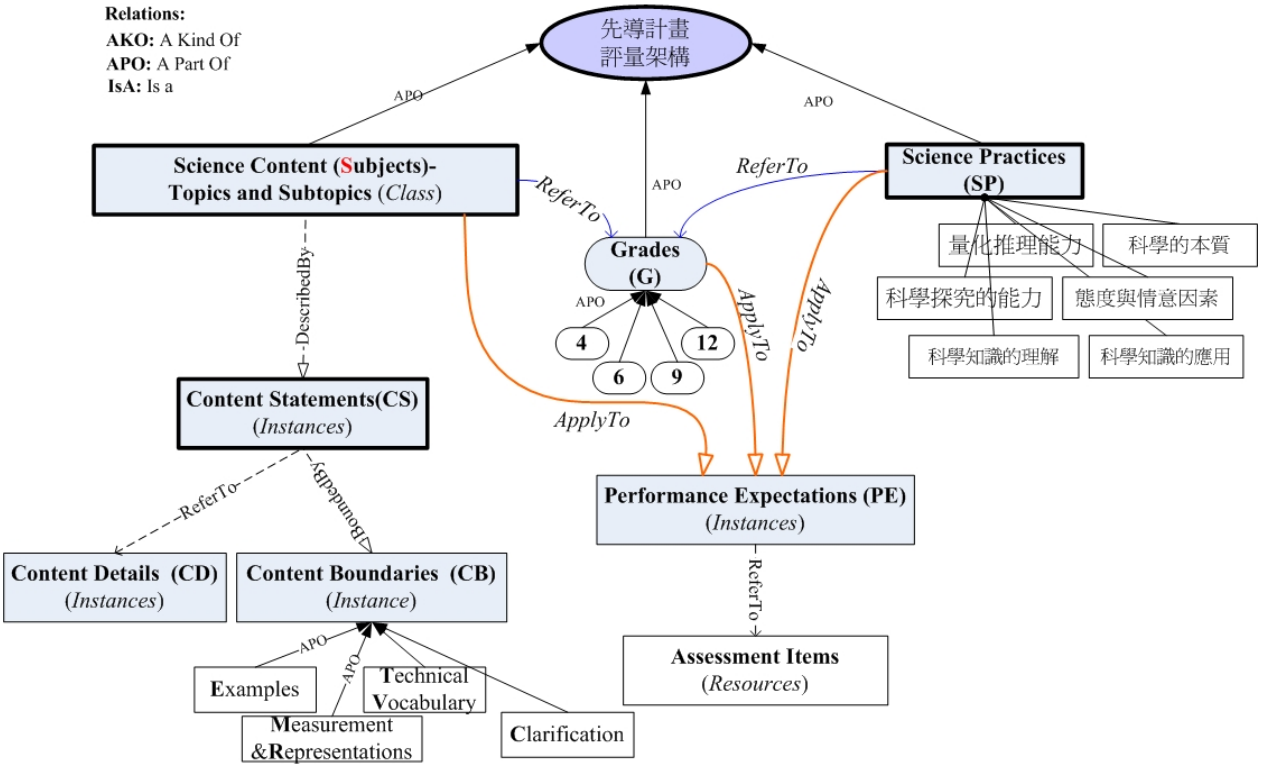


圖9: 先期規劃計畫的Ontology Framework

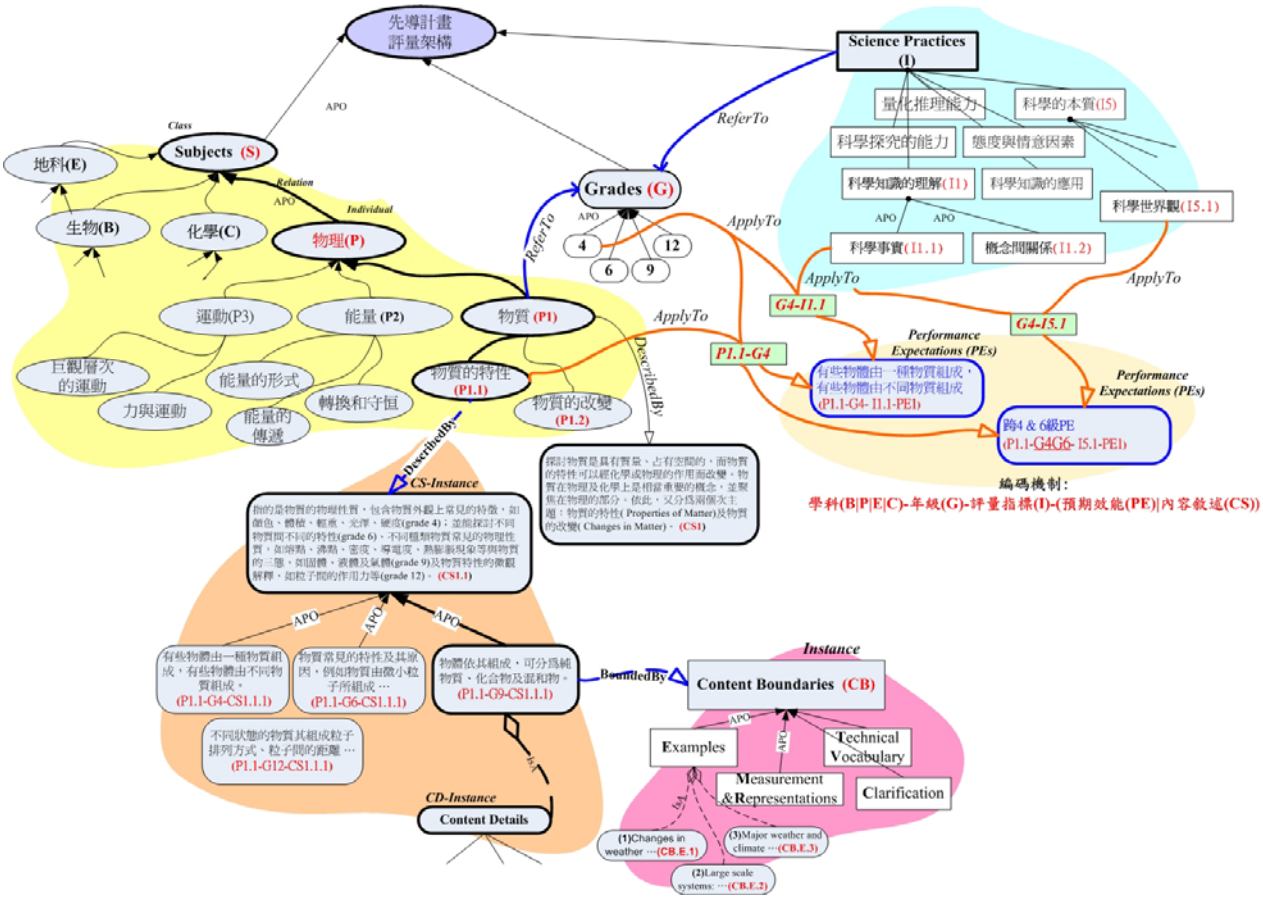


圖10: 先期規劃計畫的Ontology Framework之細部範例。

3.1.2 效能預期編碼(Performance Expectations Code)

在建構完以**先期規劃計畫**的評量本體知識架構之後，便可利用此架構來建構評量架構之效能預期(Performance Expectation, PE)之編碼，以作為後續各PE資料之表示格式，可有效進行資料之檢索與管理。依照目前的Ontology架構之定義(圖9與圖10)，PE的編碼格式如以下格式:

- **學科(B|P|E|C)-年級(G)-評量指標(I)-(預期效能(PE)|內容敘述(CS))**

以上為其組成要素與排列格式，在此格式中，可用來分別對**預期效能(PE)**與**內容敘述(CS)**做編碼，如僅針對PE，則可以省略內容說明(Content Statement, CS)的編碼描述。

範例(Example):

參考圖10，圖中之某一PE可編碼表示為PE: P1.1-G4-I1.1-PE1故由此編碼便可得知，此PE針對**物理學科(Physical Science, P)**的學科主題[**物質(Matter) (P1)[**中的子學科主題[**(物質的特性 (Properties of Matter) (P1.1))**，對於評量**4年級(G4)**學生在評量指標**[科學知識的理解(I1)]**的次項目**[科學事實(I1.1)]**所規劃的**第1個PE**。

而對於編碼[**P1.1-G4-CS1.1.1]則為表示針對**評量**4年級(G4)**學生在**物理學科(Physical Science, P)**的學科主題[**物質(Matter) (P1)[**中的子學科主題[**(物質的特性 (Properties of Matter) (P1.1))**的內容描述說明的第1個CS。而圖10中之PE編碼: **P 1.1 -G4G6- I5.1-PE1**，即代表為跨4與6年級之在評量[**科學的本質(I5)]**之次項目**[科學世界觀(I5.1)]**指標之編碼意義。

因此，藉由此基於**科學學習評量本體架構(Assessment Ontology Framework)**構所建構的編碼機制，便可很容易的解釋每一PE所代表的知識意義，且所規劃出編碼資料，所蘊含的意義遠比原本NAEP 2009的PE編碼豐富，亦可有效對應轉換至NAEP 2009的PE編碼。此外，利用所此NAEP 2009 Ontology，可有效快速的將每一個規劃好的PE作編碼，以便於查詢與管理。

3.1.3 示範架構與編碼

故根據先前所規劃之評量架構與編碼機制，可將評量架構、內容描述與效能預期(PE)加以重新編碼與整理如下各表所示(以生物學科(Biology)為例)。

表 5: 生物學科之評量架構與編碼對應表

			生物(Biology)			
主項目	**次項目**	**細項目**	**四年級(Grade 4)**	**六年級**	**九年級**	**十二年級**
1. 科學知識的理解： **定義:** 學生對於科學事實、資訊、概念的基礎	**1.1. 科學事實(facts)：** 科學事實、科學專有名詞及科學定律		**G4-I1.1-1:** 簡單科學事實和簡單科學名詞定義	**G6-I1.1-1:** 科學事實、科學專有名詞定義及程序	**G9-I1.1-1:** 科學事實、科學專有名詞定義、程序和科學定律的定性理解	**G12-I1.1-1:** 科學事實、科學專有名詞定義、程序和科學定律的定量理解
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能指出**生物體的基本需要**	**B1.1-G6:** **PE1.** 能指出**常見的動植體構造與功能**	**B1.1-G9:** **PE1.** 能指出**生物體的構造階層**	**B1.1-G12:** **PE1.** 能指出**生物體的化學組成**
	1.2 概念間關係(relationship)： 科學事實、概念及科學定律中與之相關的屬性、結構、功能和關係之知識		**G4-I1.2-1:** 簡單科學事實之間的關係	**G6-I1.2-1:** 科學定律中相關屬性、結構與功能之間的關係	**G9-I1.2-1:** 相近科學定律之間的屬性、結構功能與關係	**G12-I1.2-1:** 各科學定律不同表徵之間的屬性、結構功能與關係
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能理解**生物體基本需要**之簡單關係	**B1.1-G6:** **PE1.** 能理解**常見的動植體構造**及其相互關係	**B1.1-G9:** **PE1.** 能理解**生物體的構造階層**間的關係	**B1.1-G12:** **PE1.** 能理解**生物體的化學組成**間的關係

2. 科學知識的應用	**2.1. 生活應用：**科技發展的歷史及在人類文明所扮演的角色，瞭解科技可以改變人類的生活。		**G4-I2.1-1:** 人類歷史中所製造的一些工具和演進。	**G6-I2.1-1:** 科技可以擴展人類的能力去改變世界，這些改變，可能是為了我們的生存所需、溝通、運輸、或為了獲得知識或傳遞思想。	**G9-I2.1-1:** 工程師、建築師和其他設計和運用科技的人員是利用科學知識去解決實際問題。但他們也必須同時考量人類的價值與限制。	**G12-I2.1-1:** 科技會直接影響我們的社會，因為科技解決實際的問題或滿足人類的需求，但有時也會產生新的問題和需求。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能理解生活中**生物體基本需要**的科學現象	**B1.1-G6:** **PE1.** 能認識生活中**常見的動植體構造**的功能及其影響因素	**B1.1-G9:** **PE1.** 能理解生活中**生物體的構造階層**所產生的現象	**B1.1-G12:** **PE1.** 能理解生活中**生物體的化學組成**的相關應用
	2. 科技應用：科學與科技的關係，及科學原理如何運用於科技之中。		**G4-I2.2-1:** 利用工具可以使一些事情更容易，或做得更好。而工具可以用來觀察、測量及製造。	**G6-I2.2-1:** 科技可以使我們觀察到非常微小或非常遙遠的東西，也可以使我們測量到極快或極慢的運動。	**G9-I2.2-1:** 科技的測量工具可以運用在收集正確的資訊、將物體或事件做科學的比較，或設計或製造適切的產品。 **G9-I2.2-2:** 科技是科學研究所必需的，因為科技可以在比較難進行研究的地方(如外太空)幫助樣本的取樣、處理、測量、資料的收集、儲存、計算和溝通資訊。	**G12-I2.2-1:** 人類利用科學知識而有科技，而科技也幫助科學家擴展他們的研究，新的科技也激發科學的進步。 **G12-I2.2-2:** 數學、創造力、邏輯推理、獨創性都是促進科技進步的重要因素。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能理解生**物體基本需要**物質的簡單原理	**B1.1-G6:** **PE1.** 能認識**常見的動植體構造**簡單原理所創造出的科	**B1.1-G9:** **PE1.** 能認識動植體構造複雜原理所創造出來科技產品	**B1.1-G12:** **PE1.** 能認識動植體構造較複雜原理所創造出來科技產

				技產品	的專業領域運用	品的專業領域運用
3. 科學探究的能力	**3.1 科學過程技能：** 科學家從事研究以獲取科學知識的歷程中所運用的手法與策略	**3.1.1 觀察：** 利用感官獲取關於物體或事件的訊息。	**G4-I3.1.1-1:**察覺事物具有可辨識的特徵和屬性。	**G6-I3.1.1-1:**能依規劃的實驗步驟來執行操作。 **G6-I3.1.1-2:**察覺一個問題或事件，常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。 **G6-I3.1.1-3:**. 辨別本量與改變量之不同(例如溫度與溫度的變化)。	**G9-I3.1.1-1:**. 能由不同的角度或方法做觀察。 **G9-I3.1.1-2:**能依某一屬性(或規則性)去做有計畫的觀察。 **G9-I3.1.1-3:**能針對變量的性質，採取合適的度量策略。	**G12-I3.1.1-1:** 能由不同的角度或方法做觀察。 **G12-I3.1.1-2:** 能依某一屬性(或規則性)去做有計畫的觀察。 **G12-I3.1.1-3:** 能針對變量的性質，採取合適的度量策略。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能覺察覺**生物體基本需要**物質的特徵和屬性	**B1.1-G6:** **PE1.** 能依規劃步驟觀察**常見的動植體構造**	**B1.1-G9:** **PE1.** 能由不同角度觀察與比較**生物體的構造階層**	**B1.1-G12:** **PE1.** 能由不同角度觀察與測試**生物體的化學組成**之性質
		3.1.2 分類： 根據物體或事件的特質或標準，以聚集或排序列出不同的類別。	**G4-I3.2.1-1:**依特徵或屬性，將事物歸類(如大小、明暗…)。 **G4-I3.2.1-2:**比較圖樣或實物，辨識相異處，說出共同處。	**G6-I3.2.1-1:**根據相似性與相異性，將一群物體或事件加以分門別類。 **G6-I3.2.1-1:**訂定分類所根據的準則。	**G9-I3.2.1-1:**依差異的程度，作第二層次以上的分類。	**G12-I3.2.1-1:** 依差異的程度，作第二層次以上的分類。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能依特徵將**生物體基本需要**物質歸類	**B1.1-G6:** **PE1.** 能依據相似或相異性分類動植體構造並訂分類準	**B1.1-G9:** **PE1.** 能依差異性程度做**生物體的構造階層**分類	**B1.1-G12:** **PE1.** 能依差異性程度做**生物體的化學組成**分類

				則		
		3.1.3 測量與記錄數據：利用標準或非標準測量或估算，來描繪物體或事件的尺寸。	**G4-I3.1.3-1:**運用感官或現成工具去度量，做量化的比較。 **G4-I3.1.3-2:**能權宜的運用自訂的標準或自設的工具去度量。	**G6-I3.1.3-1:**使用適當的測量工具以測量長度、時間、體積及溫度等。 **G6-I3.1.3-2:**選用適當的單位以表示測量的結果。 **G6-I3.1.3-3:**利用語文、數字、表格、圖形等適當方式將結果加以記錄。	**G9-I3.1.3-1:**能選用適當的方式登錄及表達資料。 **G9-I3.1.3-2:**由圖表、報告中解讀資料，了解資料具有的內涵性質。	**G12-I3.1.3-1:** 能選用適當的方式登錄及表達資料。 **G12-I3.1.3-1:** 由圖表、報告中解讀資料，了解資料具有的內涵性質。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4: **PE1.** 能運用感官測量**生物體基本需要**物質的特性	**B1.1-G6:** **PE1.** 能選用適當工具測量動植體構造，並運用適當方法紀錄	**B1.1-G9:** **PE1.** 能選用適當工具測量動植體構造，並運用適當方法紀錄，及解釋資料	**B1.1-G12:** **PE1.** 能選用適當工具測量**生物體的化學組成**，運用較嚴謹適當方法紀錄，及解釋資料
		3.1.4 分辨與控制變因：辨識出能影響實驗結果的變因，控制到只操弄獨立變因，而其他均保持不變的地步。	**G4-I3.1.4-1:**察覺事出有因，且能感覺到它有因果關係。 **G4-I3.1.4-2:**察覺若情境相同、方法相同，得到的結果就應相似或相同。	**G6-I3.1.4-1:**就一實驗的描述，從中分辨何者為操縱變因、因變因與控制變因。 **G6-I3.1.4-2:**進行實驗期間能改變操縱變因並固定控制變因，做定性觀察。	**G9-I3.1.4-1:**實驗時，確認相關的變因，做操控運作。 **G9-I3.1.4-2:**由自變數與應變數，找出相關關係。	**G12-I3.1.4-1:** 實驗時，確認相關的變因，做操控運作。 **G12-I3.1.4-2:** 由自變數與應變數，找出相關關係。
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**

	3.2 問題解決能力： 問題解決是個體利用認知過程去面對和解決不熟悉、更為複雜的真實情境，問題內容通常是跨領域的，需要學生進一步加以推論、分析以決定與問題相關之關係與概念	**3.2.1 理解問題/提出問題或假設：** 學生是否瞭解文本、圖表或公式等資料來源，並能藉此從他們的背景知識中抽取適當資訊來理解給予的資訊	**G4-I3.2.1-1:**瞭解單一表徵的問題	**G6-I3.2.1-1:**瞭解單一表徵的問題，並據此提出問題	**G9-I3.2.1-1:**瞭解兩個以上表徵的問題，並據此提出問題	**G12-I3.2.1-1:** 瞭解兩個以上表徵的問題，並據此形成假設
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
		3.2.2 表徵化/表徵問題： 包括學生如何建立表徵、轉化表徵，或者如何應用給定的外在表徵以解決問題	**G4-I3.2.2-1:**能應用給定的單一表徵協助解決問題	**G6-I3.2.2-1:**能設計表格、圖表等表徵以解決問題	**G9-I3.2.2-1:**能轉化給定的問題表徵，並能選擇適當的表徵以呈現資料、解決問題	**G12-I3.2.2-1:** 能轉化給定的問題表徵，並能以不同的表徵呈現資料以解決問題
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
		3.2.3 分析/找出特徵： 包括學生如何分析與定義問題中的變數以及變數之間的交互關係	**G4-I3.2.3-1:**能找出簡單問題中相關的單一變數	**G6-I3.2.3-1:**能找出問題中多個相關的變數	**G9-I3.2.3-1:**經由科學探究的過程獲得資料，以進行變量與應變量之間相應關係的研判	**G12-I3.2.3-1:** 經由科學探究的過程獲得資料，以進行變量與應變量之間相應關係的研判，並對研究成果，做科學性的描述
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
		3. 2.4 提出並評鑑解答（含解釋或預測）：由給予的資訊預測趨勢、進行推論、提出解釋。並能評估	**G4-I3.2.4-1:**總結提供的資料提出問題的解答（或預測、推論）	**G6-I3.2.4-1:**由給予的資訊預測趨勢、進行推論、提出解釋、下適當的結論以解釋因果關係的理解	**G9-I3.2.4-1:**衡量不同問題解決方法的優缺點後，下適當的結論以強調問題或解釋並展示因果關係的理解	**G12-I3.2.4-1:** 能超越實驗或給定的條件，並衡量不同問題解決方法的優缺點後，提出結論並應用結論到新情境
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**

		不同解釋和問題解決的策略，以支持其想法。				
4. 量化推理能力	**4.1 歸納推理：**指能觀察數據中的規律或特徵，並根據此規律作進一步的預測或推論。 **4.2 演繹推理：**指在處理數據時，能根據邏輯的理由推導出結論，並說服他人該推理在整體上的合理性。 **4.3 比例推理：**指能利用變數間比例的關係進行推理 **4.4 合併與分解：**指能適當處理科學數據的合併與分解的推理能力 **4.5 單位轉換：**指能進行單位的轉換，進而用單位協助推理					
			跨學科 PE	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**
			跨學科 PE	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**
			跨學科 PE	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**
			跨學科 PE	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**
			跨學科 PE	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**	**跨學科 PE**
5. 對科學本質的認識 **定義:** 在科學的知識和其發展中所蘊含的獲	**5.1 科學世界觀:** 科學家對他所做的以及他如何看待他成果的信念與態度，包括：世界是可理解的；科學的想法是可改變的；科學的知識是持久					
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
			B1.1-G4G6: PE1. (跨 4 & 6 級 PE)			

知的方法、價值與信念。	的；科學無法對所有的問題提出完全的答案等。					
	5.2 科學的探究: 科學的特色也包括在其探究的特殊處： 科學是需要證據的；科學是結合邏輯與想像的；科學進行解釋與預測；科學家試圖察覺並避免偏見；以及科學不是權威等特質上。					
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
	5.3 科學的事業: 科學是包含有個人的、社會的以及機構的不同面向的事業，因此：科學是複雜的社會活動：科學被分成不同的學科內容，並且在不同機構執行；執行科學時也遵行一般性的倫理法則；而科學家也參與其特殊的或一般的公共事務。					
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
6. (和科學學習相關的)態度與情意因素	**6.1 焦慮**					
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**
	6.2 動機					
			學科 PE	**學科 PE**	**學科 PE**	**學科 PE**

	6.3 性格					
			學科 PE	學科 PE	學科 PE	學科 PE

下表為**生物學科 (Biology)**包含子學習目標:「**生物體的構造與功能**」的 4、6、9、12 年級該理解的概念指標(Concept Map)描述說明。

表 6: 生物學科之內容描述與編碼對應表

B: 生物學科 (Biology)			
B1: 生物體的構造與功能(Structures and Functions of Living Systems)			
CS1:			
B1.1: 構造與發育(Organization and Development)			
CS1.1: 生物體的基本需要（四）；常見的動植體構造與功能（六）；生物體的構造階層（九）；生物體的化學組成（十二）。			
四年級 (G.4)	**六年級 (G6)**	**九年級 (G9)**	**十二年級 (G12)**
B1.1-G4: 生物體的基本需要 **Content Statement:** **(B1.1-G4-CS1.1.1)** 生物體需要食物水和空氣；也需要排泄廢物的方法；也需要一可以生存的環境。 **(B1.1-G4-CS1.1.2)** 植物體有根、莖和葉的構造(230-2a)。 **(B1.1-G4-CS1.1.3)** 植物生長的過程(230-2b)； **(B1.1-G4-CS1.1.4)** 生物體間常需以不同的方式相互作用和相互依賴，包括提供食	**B1.1-G6:** 常見的動植體構造與功能 **Content Statement:** **(B1.1-G.6-CS1.1.1)** 了解植物根、莖、葉、花、果實、種子的功能，並知道植物亦可由種子或根莖葉繁殖。同時能分辨有的植物會開花，有的不開花（例如蕨類)230-3a；	**B1.1-G9:** 生物體的構造階層 **Content Statement:** **(B1.1-G9-CS1.1.1)** 所有的生物體都是由細胞所組成，從單細胞到多細胞。細胞三分之二的重量是水，以維持細胞的許多功能。在多細胞生物，有特化的細胞執行特殊的功能。器官和系統是由細胞所組成以供應細胞所需要的食物、空氣、和排除廢物。所有生物體的細胞功能是相似的。 **(B1.1-G9-CS1.1.2)** 借著受精作用，細胞分裂產生一團細胞，	**B1.1-G12:** 生物體的化學組成 **Content Statement:** **(B1.1-G12-CS1.1.1)** 生物體是由複雜的分子所組成，它們含有碳、氫、氧、氮以及硫。 **(B1.1-G12-CS1.1.2)** 細胞的許多生化反應是靠不同的分子，特別是蛋白質所執行。蛋白質分子是由胺基酸分子所組成，蛋白質分子的特殊功能受其胺基酸分子的排列順序與分子的形狀影響。 **(B1.1-G12-CS1.1.3)**

物和保護。當環境符合他們的需要時，生物體才能生存。某些的相互作用對生物是有利的，但有些是有害的。 **(B1.1-G4-CS1.1.5)** 當環境發生改變，某些植物和動物能夠生存下來，並能夠繁殖。但是，某些生物因為不能適應會死亡或遷移到其他地方。		然後特化成胚胎的不同構造和功能。 **(B1.1-G9-CS1.1.3)** 認識葉子的構造及功能(230-4a)； **(B1.1-G9-CS1.1.4)** 了解植物體內的輸導組織及功能(230-4b)。 **(B1.1-G9-CS1.1.5)** 描述陸生及水生動物形態及其運動方式，並知道水生動物具有適合水中生活的特殊構造。	細胞的生理功能受其內在與外在的環境所影響。例如當多細胞個體發展時，細胞所處環境會引發細胞的分化。生物體細胞分化是受到不同基因所控制的。
Example of PE	**Example of PE**	**Example of PE**	**Example of PE**
B1.1-G4-I1.1-PE1: 能指出**生物體的基本需要** **B1.1-G4-I1.2-PE1:** 能理解**生物體基本需要**之簡單關係	**B1.1-G6-I1.1-PE1:** 能指出**常見的動植體構造與功能**	**B1.1-G9-I1.1-PE1:** 能指出**生物體的構造階層**	**B1.1-G12-I1.1-PE1:** 能指出**生物體的化學組成**

3.2 科教領域之電腦施測

3.2.1 多媒體試題示範題型

針對科教學科(數理、生物、化學、物理與地球科學)之評量調查的實際需求，分析與規劃可有效測驗出學生學習概念與能力的多媒體試題題型，以作為長期追蹤調查的題型發展依據。在進行科教電腦化施測時，需要充分瞭解科教施測所欲測試學生的科教概念知識能力為哪些，以及哪些試題類型可以成功測試到學生相對於科教概念的能力，因此，在進行實際試題開發之前，須先針對哪些試題題型符合科教施測之目的做分析與規劃。

在NAEP 2009的規劃架構中，其將所欲發展測驗的試題區分以下3類:

(1) **Selected-Response Items:** 例如多選題(multiple-choice items)。

(2) **Constructed-Response Items:** 包含1)簡答題(Short Answer Item)、2)長答題(Extended Answer Item)與3)概念對應(Concept Mapping)。

(3) **Combination Item:** 包含1)Cluster、2)Predict-Observe-Explain、3)Hands-on Performance Tasks(類似實驗設計問題(EDP)、4)Interactive Computer Tasks (ICTs)。

而以上之ICT則又包含以下4種題型:

(1)資訊搜尋與分析(Information Search and Analysis): 提供科學問題，要求學生去查詢資料庫並分析相關的資料去處理問題。

(2)實際研究(Empirical Investigation):讓學生利用電腦來設計與引導一個學習與研究，並針對問題提出結論，即將Hands-on Performance Tasks轉換成利用電腦來執行。

(3)模擬(Simulation): 讓學生在系統中管理變數、預測與解釋改變的結果，例如:食物鏈。

(4)概念圖(Concept Maps): 藉由提供概念圖元件讓學生建構合理之概念圖來探測學生科學知識的結構與組織面向。

而如先前章節所說明，在科教施測的目的，主要是為了分析與評量學生在科教領域所對應之知識概念與能力，在以NAEP 2009為例說明，其將科教能力分成**(1)Identifying Science Principles:**識別科學原理之能力、**(2)Using Science Principles:**使用科學原理之能力、**(3)Using Scientific Inquiry**:使用科學探究之能力、以及**(4) Using Technological Design:**使用技術設計之能力。故NAEP 2009針對這4種能力規劃了相對應的題型，以有效評量出學生在這些試題所相對應的概念知識能力。

其所規劃之對應4種能力的題型舉例介紹如下:

Identifying Science Principles: (參考下一題型)

Illustrative Item

Animals and plants are made up of a number of different chemical elements. What happens to all of these elements when animals and plants die?

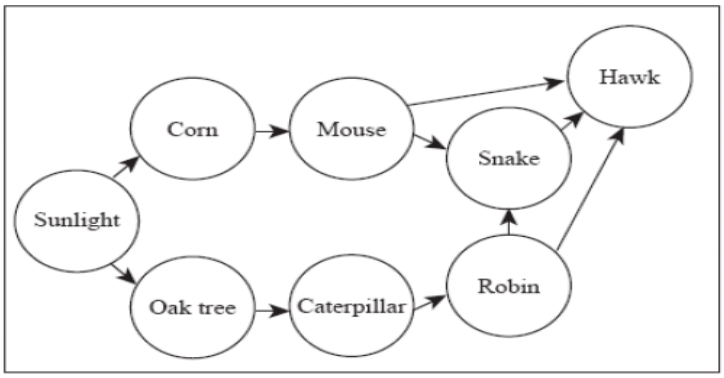
A. They die with the animal or plant.
B. They evaporate into the atmosphere.
C. They are recycled back into the environment.
D. They change into different elements.

Key: C
Source: TIMSS 2003, Grade 8

圖11: 選擇題型

Using Science Principles: (參考下一題型)

Illustrative Item



Look at the food web above. If the corn crop failed one year what would most likely happen to the robin population? Explain your answer.

(See Appendix D for item scoring guides.)

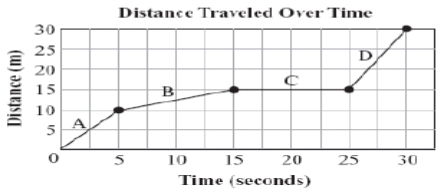
Source: TIMSS 1999, Grade 8

圖12: 簡答題型

Using Scientific Inquiry: (參考下一題型)

Illustrative Item

The graph below shows the distance traveled over time by a student walking down a hall. Use the information shown on the graph to do Numbers 7 and 8.



7. During which time interval was the student moving the fastest?

- ○ A
- ○ B
- ○ C
- ○ D

Key: D

8. What was the average speed of the student from 0 seconds to 5 seconds?

Average speed: _____

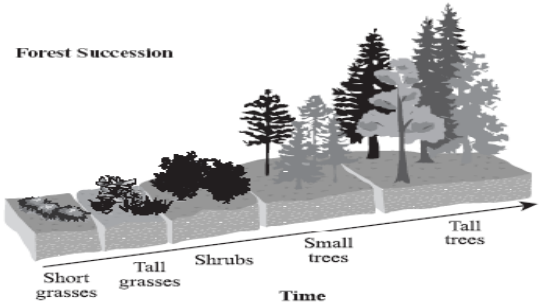
(See Appendix D for item scoring guides.)

Source: Colorado Department of Education 2002, Grade 8

圖13:複合題型(選擇+計算)

Using Technological Design: (參考下一題型)

Occasionally, a fire will destroy a forest, burning down trees and pushing wildlife out of their forest homes. However, the forest will grow back. Eventually, through the process of forest succession as shown below, short grasses and flowers begin to grow and animals make new homes.



Over time, shrubs and trees begin to grow. The forest returns to a lush habitat for the wildlife listed in the chart below.

Forest Wildlife

Ground-dwelling	Worms, beetles
Reptiles and amphibians	American toads, wood frogs, snakes, Eastern box turtles
Small animals	Squirrels, chipmunks
Medium to large animals	Opossums, raccoons, white-tailed deer, black bears
Airborne	Butterflies, moths, bees, wild turkeys, red-tailed hawks, bald eagles

A power company owns part of a forest that was destroyed by a fire. The forest could take decades to rebuild on its own. The company's department of environmental studies suggests planting new trees to help the forest rebuild.

Using the information in the scenario:

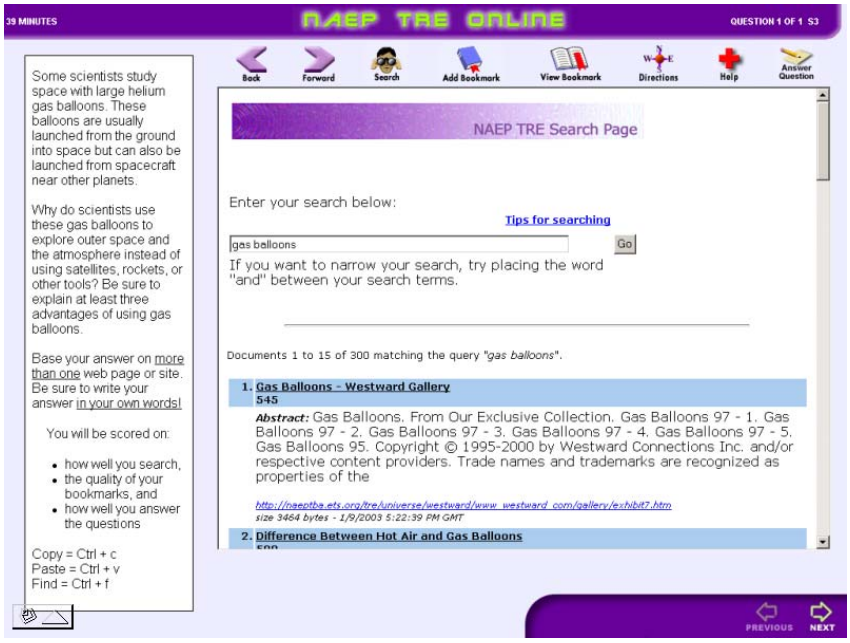
- Explain how planting trees could **benefit** the natural ecosystem.
- Explain how planting trees could **harm** the natural ecosystem.

Source: Washington Assessment of Student Learning, 2004, Grade 8.

圖14:簡答與延伸題型

而NAEP 2009亦針對ICT的4種題型規劃了範例題型，介紹如下:

Information Search & Analysis範例: 提供客製化的資訊搜尋系統、供學生在特定要求下做資料搜尋，並進行資料分析，以回答問題。

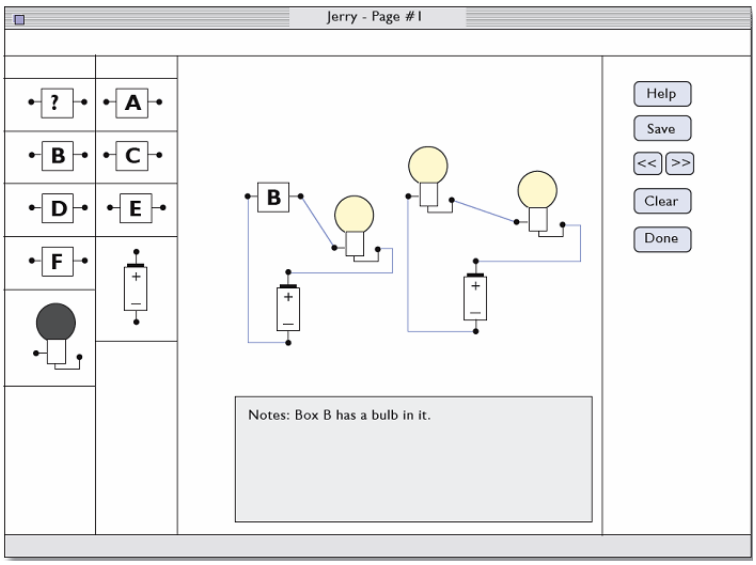


Example from NCES study of Technology Rich Environments - Hilary Persky and Randy Bennett at ETS

圖15: NAEP Online資訊搜尋與分析測驗系統

Empirical Investigation Example:(提供學生針對特定概念的實際操作系統，以進行操作測驗)

Illustrative Item



Source: Shavelson et al. (1991, p. 357)

圖16:可供實際操作之測驗工具

Simulation Example:(提供學生對特定概念的模擬工具，讓學生進行操作，以測驗其概念程度)。

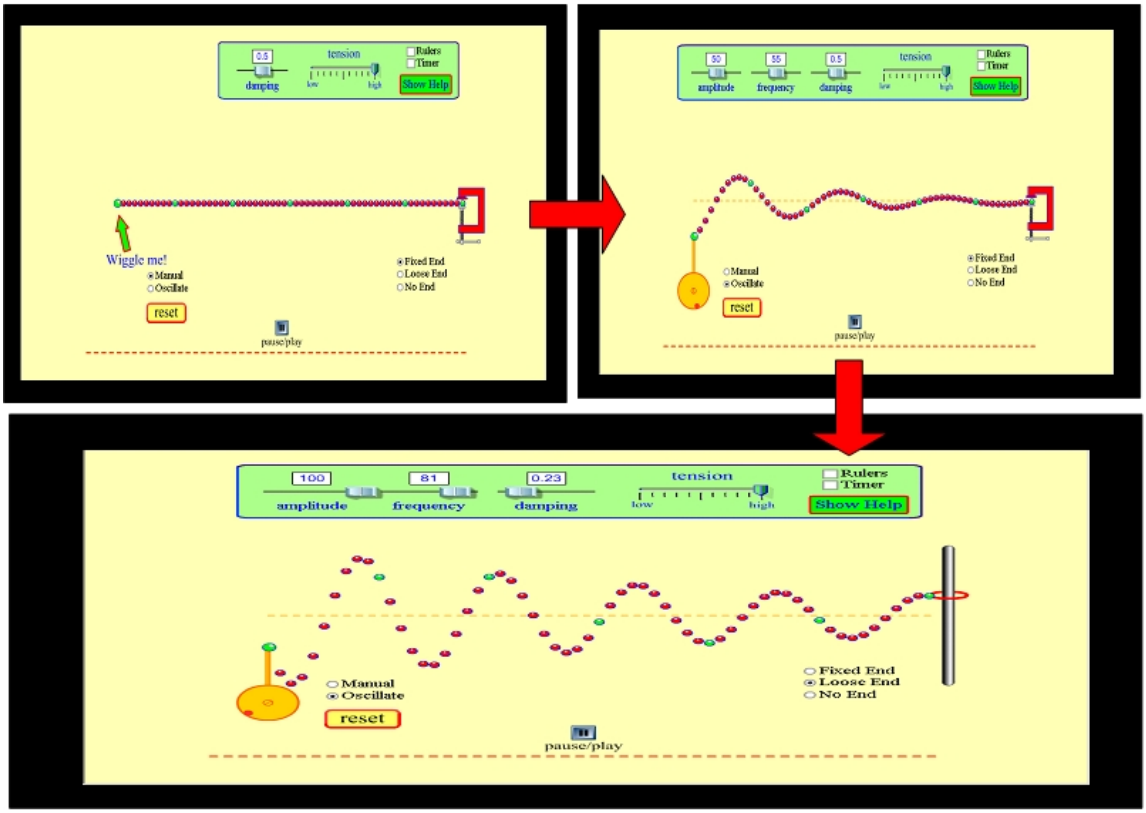
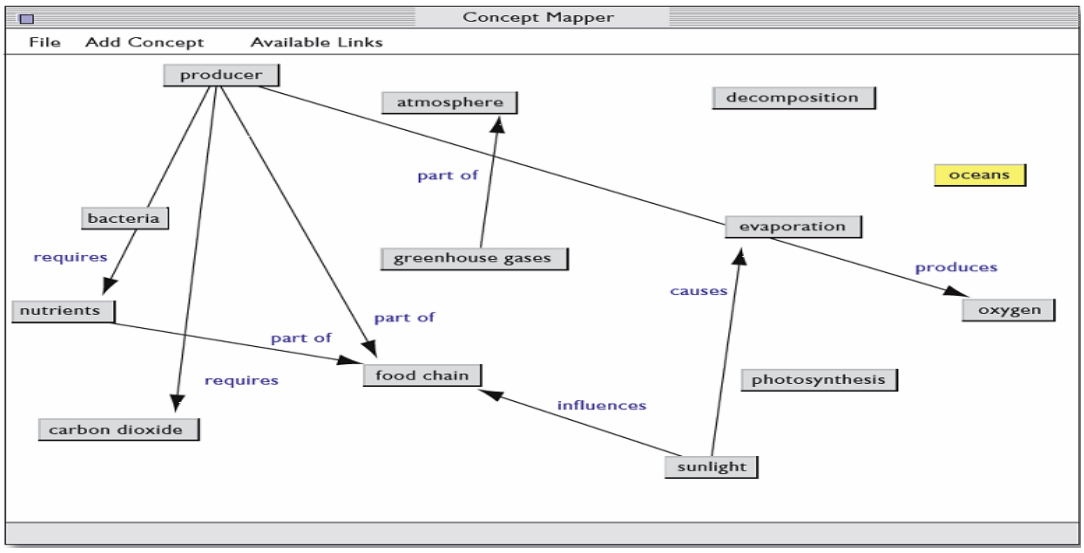


圖17: Simulation - Wave on a String

Concept Mapping Example:(提供可讓學生編輯概念知識的概念圖工具，以作評量測驗)。



Adapted from Herl, O' Neil, Chung, & Schacter (1999)

圖18:可供操作之概念圖測驗工具

而國際組織Integrative Performance Assessments of Technology (IPAT, 2007)針對評量學生的科學探究歷程與電腦使用技能的能力設計了多個相關的評量模式，希望提供給教師可更完善的了解學習過程狀況與概念、過程能力改變的狀況，進而提供給學習者更適切的學習教導與評量建議。而下圖19便是IPAT網站所提供的一個可評量7-8年級學生之科學多元能力的一個多元評量活動架構(**Predator-Prey**)(2008)，如圖中所顯示，此系統中共提供了(1)管理程序(Administration Procedure)、(2)評量規準(Rubric)、(3)任務說明(Task with Student Directions)、 (4)技術品質資訊(Technical Quality Information)、以及(5)學生作品範例(Examples of Syudent Work)等功能。而任務說明功能中主要說明了此評量活動的各個需要學生去進行的各個工作項目與所需使用到的相關工具。而此活動的主要目的便是希望學生能與在不同地方的同伴一起進行網頁搜尋與使用工具來學習族群的發展趨勢。而教師在利用系統工具來定義評量規準以及進而分析與評量學生在此學習過程中所呈現出來的**(1)科學探究**、**(2)過程技能**、**(3)問題解決**、與**(4)電腦資訊技術使用**的各項能力。

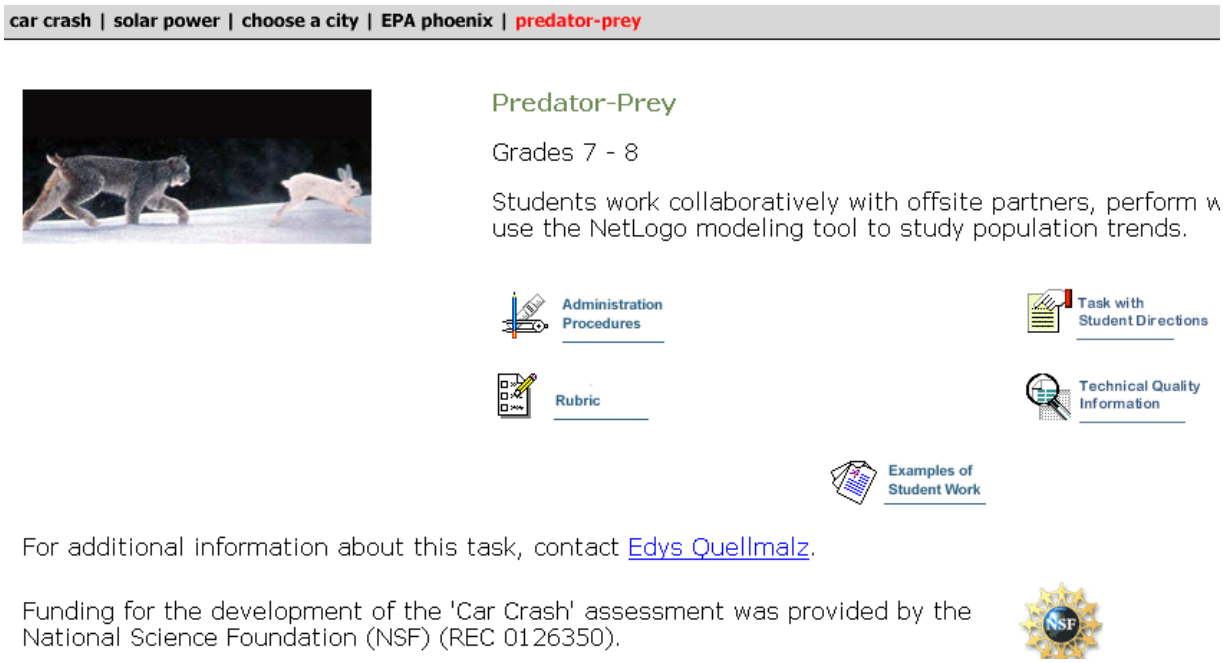


圖19: 多元評量活動範例(Predator-Prey, 2008)

因此，依據此IPAT的評量活動架構可歸納出如下圖20的評量流程處理，系統定義不同的任務與目標，提供不同的工具與學生所需要完成的結果。而根據TIMSS (2008)與James(1979)所定義的科學探究與過程技能能力指標，來分析此評量架構可歸納出圖20中每一個任務與目標所相對應的科學能力向度。因此，學生在此評量流程中所做的所有的歷程資料與結果皆會被系統所儲存與紀錄，故教師便可藉由此流程架構與所相對應的評量指標與規準來進行學生科學多元能力的分析與評鑑，以提供學生適切的分析回饋與建議。

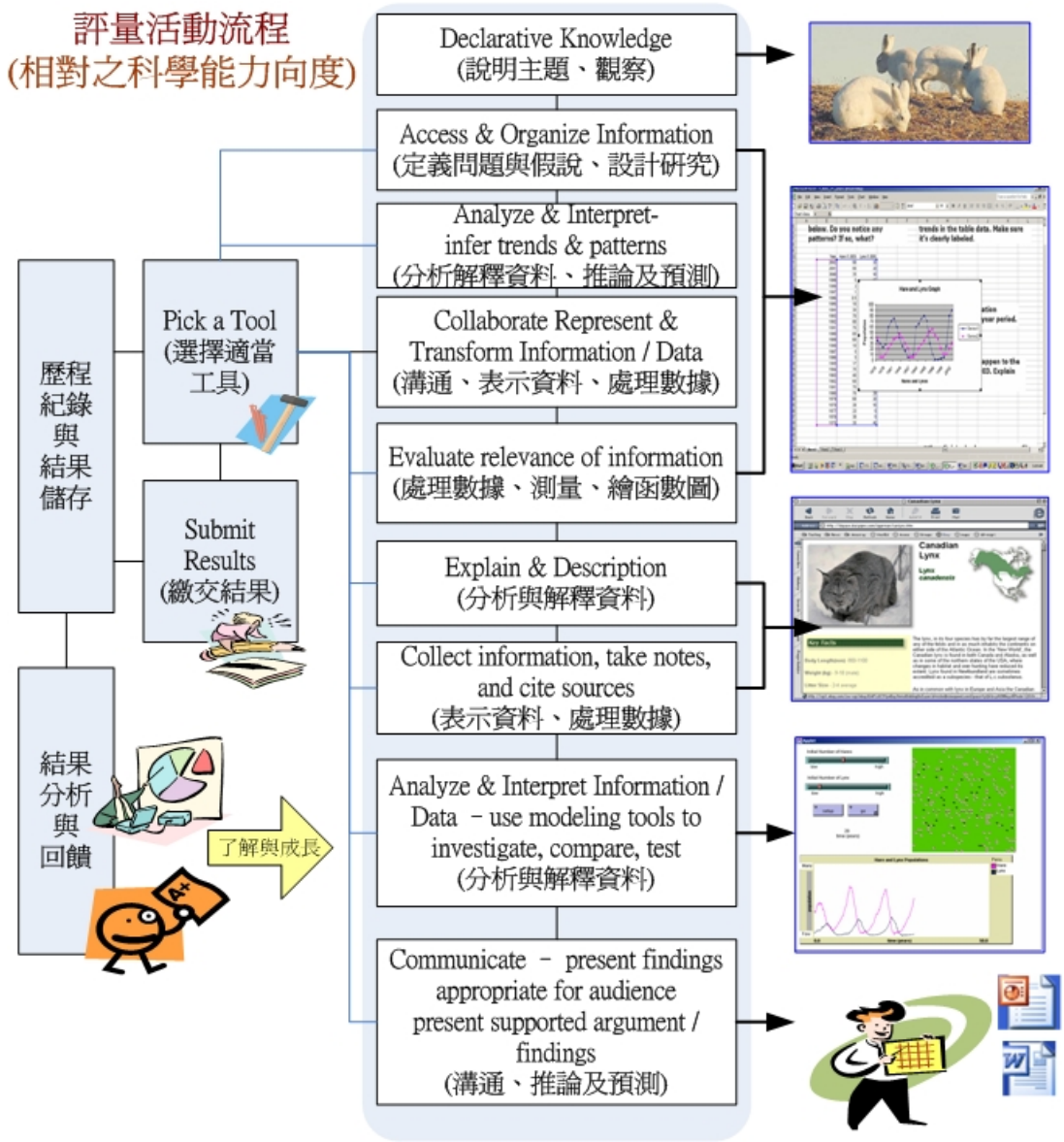


圖20: 科學學習多元評量活動之範例流程架構

此外，Zenisky (2002)亦整理了21項電腦化測驗的題型形式，如下表12.1所示。

表7: 21項電腦化測驗的題型形式 (引自張文宜, 2004)

題型	說明
拖放	給予一個情境或問題，受試者再點選或拖曳物件至切適的答案位置區中
作圖	在方格圖中，受試者使用直線或曲線工具來描繪一個給定的情境
移動圖表中的圖形	受試者操作圖形的元件來表達某情境或完成圖形所需的部份
拖曳、連結並給定關係	給予一些物件，受試者確認這些物件間的關係
概念構圖	利用螢幕上的節點和連結語來證明知識間的相互關係
分類作業	給予一些樣品(Prototype)，受試者去尋找這些樣品表層和深層結構的關係，並將其分類。

訊息排序(樹狀圖)	依照題幹要求將事件序列化(例如:由小至大)
插入文句	依照題幹要求將文句拖曳至段落中
段落編輯	運用由標在段落中任何地點點選並進行修改
標記文句	閱讀一段文字後，選擇段落中特定的句子(例如:主要概念、特別訊息)
畫面選取或選擇	給予一方向或要素，在使用滑鼠去點選圖片或地圖中的一個部份
數學表達	形成並輸入一個表達式用以表達一個數學關係
方程式	於方格中輸入數字和符號以完成一個數學式
多項數字反應	輸入兩個以上的數學答案(例如:在試算表中輸入數字)
複選式	在呈現過影像、聲音或文字的刺激後選擇答案(可以是一連串問題的答案)
情境分析	提供影像或聲音的片段及簡短的文字訊息後，要求進行分析和決定，答案可為開放式
形成範例	在給定的情境中，創造一些例子，可以是多個答案，且反應可以是開放的
多重解題法	給定情境，受試者產出可能的答案或解釋，反應是開放的
簡答式	可以是限制式或開放式。
短文式的問題解決	給予問題情境，受試者在對產出結果給予評定
連續式的問題解決	對於動態的情境，提供一連串的反應，記分兼採過程與結果

3.2.2 標準化試題格式之規劃與建構

根據所規劃之試題題型，在基於國際標準QTI試題格式下，進行導入分析與試題格式延伸規劃與建立，以作為試題重組與再利用之標準化表示架構。

科教領域描述資料(Metadata):

在前面章節說明本計畫使用國際標準(LOM、QTI)來作為科教施測科目資料與試題之描述規範，以使所描述之數位內容與試題能夠被有效管理、以及分享與再利用，更可以與國際接軌。然而，亦如同前所述，針對所研究與應用的目標，需要針對所引用國際標準進行不足之處作定義與延伸，故在本計劃中，基於在 LOM 與 QTI 標準上，針對其在我國科教施測領域上之不足做延伸與定義。以下以基於先期規劃計畫所建構之評量本體知識架構作為定義評量架構元素指標之描述資料的參考基準架構，所定義之先期規劃計畫相關的評量架構元素指標說明如下:

先期規劃計畫-評量本體知識架構之詮釋資料定義:

seMetadata: 科學評量詮釋資料之 ROOT

(1)Grades:定義所屬之年級

(1.1)Level:定義 4、6、9、12 年級，可重複定義，表示所描述概念範圍為跨年級。

(2)Subjects:定義學科元件集合

(2.1)Topic:定義學科主題元件

(2.1.1)Title: 定義學科主題元件內容

(2.1.2)CS: 定義學科所屬的內容描述(Content Statement)資料

(3)ContentStatements: 定義相關學科主題之內容說明與相對評量年級之描述集合元件

(3.1)Instance:內容之實際說明元件與識別 ID 資料

(4)ContentBoundaries: 定義學科主題內容界線之元件

(4.1)Examples:定義主題內容之範例說明

(4.2)TechnicalVocabulary: 定義主題內容之技術語彙

(4.3) MeasureRepresentation: 定義主題內容之評量機制與表示說明

(4.4) Clarifications: 定義主題內容之明確說明。

(5)SciencePractices:定義科學實務之評量指標之集合元件

(5.1)Indicator:定義學實務之評量指標元件與識別 ID 資料

(5.1.2)Item: 定義指標內容名稱

(5.1.3)Description: 定義描述指標內容的說明資料

(6)PerformanceExpectations: 定義主題內容之效能預期之集合元件

(6.1.1)PerformanceExpectation:定義主題內容之效能預期之元件

因此，利用先前基於先期規劃計畫所建構的評量 Ontology 架構，便可以輔助用來規劃與定義其針對施測科目之描述資料格式，再整合國際標準 IEEE LTSC LOM 與 QTI Metadata，便可規範可有效描述本國科教施測科目領域之數位內容與試題資源，以達分享、管理、再使用之目的。

故本計劃所規劃之詮釋資料格式將包含 3 大部分:（1）QTI Metadata、(2) LOM、(3) 科學評量詮釋資料(seMetadata)。下圖 21 為整合 LOM、QTI metadata 與本計劃針對先期規

劃計畫所示範建構的 Metadata 的整合範例。由此範例可看出，所規範的架構可以用來描述每一數位資源除基本內容描述上之需求外，亦可滿足在科教領域評量施測上的特殊需求，且可定義每一資源具有跨年級、學科、科學能力之訴求特性。而每一 Performance Expectation 亦可利用本計劃所介紹之編碼進行 ID 識別資料的定義描述。


```
<?xml version="1.0" encoding="Big5"?>
- <!--   Medatata of Test Item for 先期規劃計畫  Science Assessment Framework -->

- <Metadata>
    - <!-- QTI Medatata   -->
    - <qtiMetadata>
      <itemTemplate />
      <timeDependent />
      <composite />
      <interactionType />
      <feedbackType />
      <solutionAvailable />
      <toolName />
      <toolVersion />
      <toolVendor />
      </qtiMetadata>
    - <!-- LOM Medatata for QTI   -->
    - <lom>
       +<General>
       +<Lifecycle>
       +<meta_metadata>
       +<Technical>
       +<Educational>
       +<Rights>
       +<Relation>
      <Annotation />
      <Classification />
     </lom>
  - <!-- Medatata for 先期規劃計畫  Science Assessment Framework -->

  - <seMetadata>
    - <!--   Crosscuting 4 and 6 Grade   -->
    - <Grades>
        <Level>4</Level>
        <Level>6</Level>
      </Grades>
    - <!--   Crosscuting multiple Topics/subtpoics   -->
    - <Subjects>
      - <Topic>
        <Title>物理(Physical Science)(P) </Title>
        - <Topic>
          <Title>物質(Matter)(P1)</Title>
          <CS>探討物質是具有質量、占有空間的，而物質的特性可以經化學或物理的作用而改變。物質在物理及化學上是相當重要的概念，並聚焦在物理的部分。依此，又分爲兩個次主題：物質的特性( Properties of Matter)及物質的改變( Changes in Matter)(CS1)。</CS>
        - <Topic>
          <Title>物質的特性(Properties of Matter)(P1.1) </Title>
          <CS refid="P1.1-G4-CS1.1.1">指的是物質的物理性質，包含物質外觀上常見的特徵，如顏色、體積、輕重、光澤、硬度(grade 4)；並能探討不同物質間不同的特性(grade 6)、不同種類物質常見的物理性質，如熔點、沸點、密度、導電度、熱膨脹現象等與物質的三態，如固體、液體及氣體(grade 9)及物質特性的微觀解釋，如粒子間的作用力等(grade 12)。</CS>
          </Topic>
          </Topic>
        </Topic>
      </Subjects>
    - <ContentStatements>
          <Instance identifier="P1.1-G4-CS1.1.1">有些物體由一種物質組成，有些物體由不同物質組成。
          </Instance>
          <Instance identifier="P1.1-G6-CS1.1.1">物質常見的特性及其原因，例如物質由微小粒子所組成，又如物質所呈現的狀態爲固態、液態或氣態與微小粒子的距離和排列方式有關。</Instance>
      </ContentStatements>
```

```
- <ContentBoundaries>
      <Examples>(1) Large Scale System</Examples>
      <Examples>(2) Major Weather and Climate</Examples>
      <TechnicalVocabulary>(1) Weather Technical</TechnicalVocabulary>
      <MeasureRepresentation>(1) Weather Technical</MeasureRepresentation>
      <Clarifications>(1) Major Weather and Climate</Clarifications>
  </ContentBoundaries>
  - <!--Describe each Performance Expectation with multiple Science Practices for associated Topics in
      corresponding Grades -->
- <SciencePractices>
  - <Indicator identifier="I1">
      <Item>科學知識的理解</Item>
      <Description>學生對於科學事實、資訊、概念的基礎</Description>
        - <Indicator identifier="I1.1">
            <Item>科學事實</Item>
            <Description>科學事實、科學專有名詞及科學定律</Description>
          </Indicator>
    </Indicator>
  </SciencePractices>
- <PerformanceExpectations>
    <PerformanceExpectation identifier="P1.1-G4-I1.1-PE1">有些物體由一種物質組成，有些物體由不
    同物質組成。</PerformanceExpectation>
  </PerformanceExpectations>
</seMetadata>
</Metadata>
```


圖21:針對先期規劃計畫 Science Assessment Framework建構之Metadata的整合範例。

範例試題

範例試題主要分為三個層次，初級(basic)、中級(proficient)及高級(advanced) 。

表現層次	基本的分類定義
初級 (basic)	這個階段層次顯示出對於所應達到的預期表現目標(包括知識或技能)只有部分的精熟。這也是在每個年級中達到精熟的基礎。
中級(proficient)	這個階段層次表示在該年級中已達到完整的學習表現目標。學生達到這個層次代表學生已有能力去面對該主題的內容，包括該主題的內容知識、利用該知識於真實情境中及分析、運用合適的技能來解決問題。
高級(advanced)	這個階段的層次代表有非常優越且超越該年級的表現。

表 8: 範例試題之科教評量描述資料欄位定義

編碼:	P1.1-G9-I2.1-PE1-(流水號)
學科領域:	物理(P)
主題:	物質(P1)
次主題:	物質的特性(P1.1)
年級	G9
評量指標:	I2.1
主項目:	科學知識的應用(I2)
次項目:	生活應用(I2.1)
預期效能(PE)	P1.1-G9-I2.1-PE1 (了解物質的三態變化，以及狀態與物理性質間的關聯，並據此觀察、解釋生活中的現象。例如利用熱脹冷縮，解釋鐵軌銜接處預留空隙、橋梁預留伸縮縫。)
難易度	初級(Basic)
題目	常見橋梁上會有留細縫，如右圖。會留此細縫的原因為下列何者？
選項(A)	材料不足，偷工減料
選項(B)	通風，避免風阻
選項(C)	通風，降低溫度
選項(D)	防止橋梁材料熱脹而產生變形
解答	
詳解	
出處	

3.3 電腦施測系統示範架構

分析與了解學生在科學學習的各項科學技能(科學概念、探究能力、問題解決等等高層次的認知能力)遠遠重要於僅評量學生在的學習概念上的記憶與理解的能力來的重要。而傳統的電腦化測驗多著重於電腦施測與計分模式的自動化，雖然目前在電腦適性化測驗(CAT)的研究有了長足的發展，但對於如何利用電腦科技技術來分析與評量學生在科學學習概念、科學探究、過程技能與問題解決等等需著重於學習歷程與過程資訊的支援模式與分析能力的多元性評量架構與模式，仍明顯不足，因此，目前，有許多研究已開始應用電腦技術來開發新的評量模式與架構，以提供更多元性的學習歷程評量方式，

故如前所述，目前在 NAEP 2009 的評量測驗中，已開始應用電腦技術來進行電腦化測驗**(Interactive Computer Tasks)**以進行科學學習的特定能力作評量。在其規範所提及的**資訊搜尋與分析(Information Search and Analysis)**評量模式的 **TRE Web Search Task 範例**，便要求學生利用搜尋引擎來完成所設定的評量任務，並針對學生在解題過程中的搜尋、書籤的標記狀況、以及一連串相關問題的回答狀況等評量歷程資訊來作為判斷與評定學生在**(1)科學探究能力、(2)科技環境中的問題解決能力、(3)電腦技能、(4)解釋、與(5)綜合等能力**上的表現狀況。此外、尚有(1)**實際研究(Empirical Investigation)**、(2)**模擬(Simulation)**、(3)**概念圖(Concept Maps)**等多樣的電腦支援科學學習歷程的評量模式。而 Integrative Performance Assessments of Technology (IPAT, 2007)亦針對評量學生的科學探究歷程與電腦使用技能的能力設計了多個相關的評量模式，希望提供給教師可更完善的了解學習過程狀況與概念、過程能力改變的狀況，進而提供給學習者更適切的學習教導與評量建議。

但目前可針對歷程進行評量的工具，主要為針對領域與特定觀察能力指標需求所客製化開發的評量工具或系統，故有著高度開發成本與使用層面過小等問題，多僅能在執行大型評量測驗時才能提供與使用，例如 NAEP、PISA、TIMSS 等，故亦造成著重於高層次認知能力的多元科學探究評量模式依然無法被有效落實於學校的日常科學教學與評量。故如何提供教師一個具有高度彈性的科學學習多元評量的工具或系統，能讓教師依據其日常科學教學時的教學目標，來自行規劃與設計能分析、觀察、與了解學生在科學探究、過程技能、問題解決等能力的狀況，便成為本計劃的重要的研究重點。因此，本期計畫針對如何利用電腦化施測來支援評量出學生的科學能力以促進其在科學學習上的學習成效，所需具備的各項功能與規劃步驟，提出與規劃了一套**電腦化科學學習評量系統(Computerized Assessment System for Science Learning)**模式。因此，建議之整體系統規劃架構如圖 22 所示，依功能架構再加以區分為三個項目：**項目一：『科學學習之評量模式分析與驗證』：**針對欲研究之科學學習學科在概念學習、科學探究與過程技能、實驗技能與問題解決能力上教學與評量模式進行分析，以規劃出適合進行電腦化支援評量之評量情境與模式，並進行各情境模式的電腦模組化分析，以及針對各評量模式來規劃設計多元計分的評量方式。並進行示範性之評量內容規劃與建構以及評量系統之實證分析。**項目二：『科學學習之評量編輯、施測與診斷分析系統』:**針對所分析的評量情境模式與模組化架構，建構相對應的評量活動編輯工具、以及可讓學生進行科學評量的測量執行環境，並將所欲觀察之重要指標能力與相關操作歷程資訊與以記錄與儲存，並規劃分析與診斷機制來分析評量學習評量歷程資訊。**項目三：『科學學習評量之大規模測驗系統』：**針對所規劃與開發出來的評量工具，發展大型測驗時所需的題庫管理、配題機制以及統計與分析系統，並針對大型施測模式作可行性評估，以擴大科學學習多元評量於廣泛應用層度。

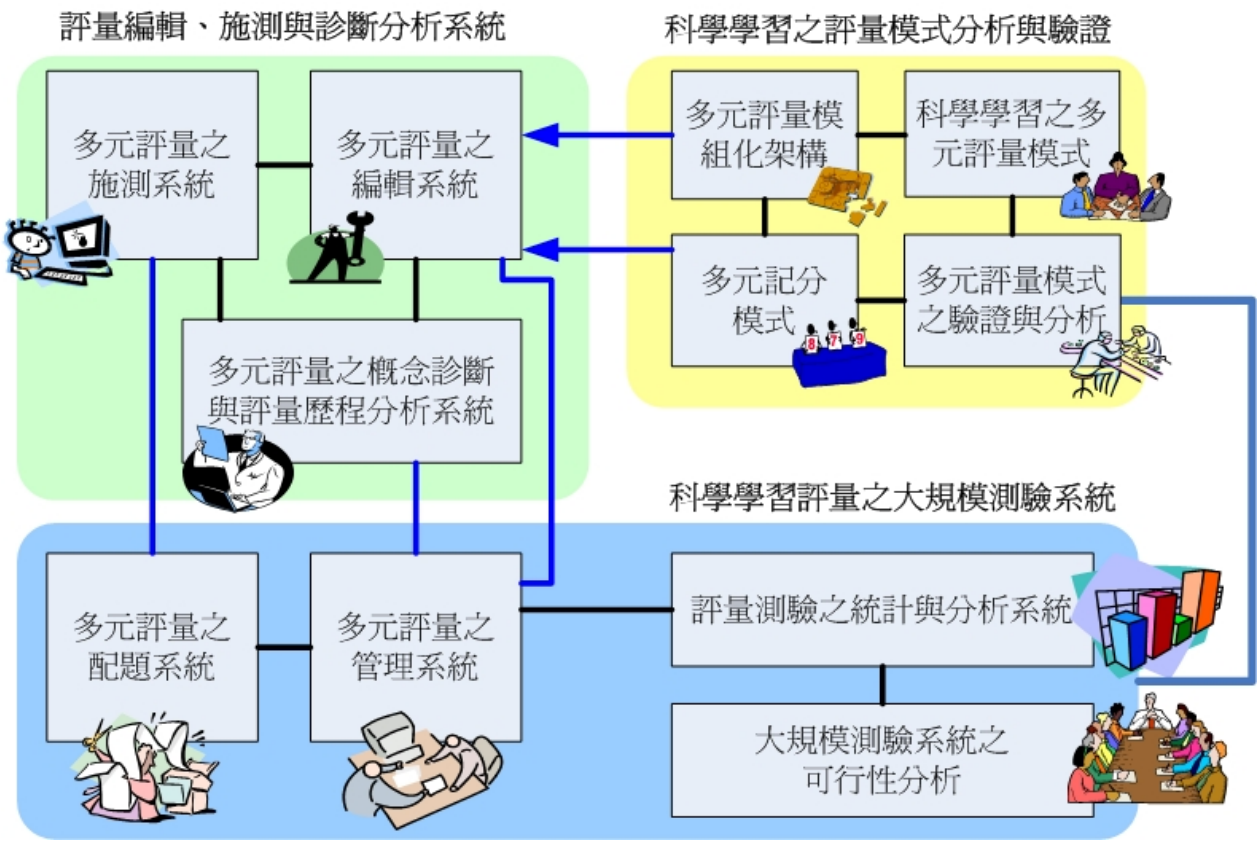


圖 22: 電腦化科學學習評量系統之示範模式架構

項目 1 之各主要建議功能說明如下:

- **科學學習之多元評量模式:**針對欲研究之科學學習學科在概念學習、科學探究與過程技能、實驗技能與問題解決能力上教學與評量模式進行分析，以規劃出適合進行電腦化支援評量之評量情境與模式。
- **多元評量模組化架構:**再針對所分析出科學學習評量情境，依據其情境架構進行模組化分析，以規劃出可進行多元科學學習評量之電腦化支援之評量系統架構。
- **多元記分模式之分析:**須依據所需之評量情境與架構，來規劃所提之各評量情境適當之多元記分方式。
- **多元評量模式與系統之驗證分析:**須依據所發展之多元評量模式架構利用所發展之系統與工具規劃與建構示範性之評量內容，並規劃評量需求之實驗架構與進行實際之實證分析。

項目 2 之各主要建議功能說明如下:

(1)電腦化多元評量編輯系統:

- **評量觀察指標、規準與評分、以及歷程對應之編輯工具:** 需可讓評量編輯者自定針對所設計之科學學習評量情境規劃與設定在評量中所欲觀察之各觀察指標資料，以達到所欲進行之評量與觀測目的，(例如: 科學概念與過程技能之觀察指標)。並提供不同的評量情境與模式所需要之不同評量結果的計算與評估方式，以讓編輯者可針對所規劃之評量情境來設計其所需要之評估方式的工具。此外，並可編輯各規準、指標與評量歷程間之關連性設定。
- **多元評量功能工具之編輯工具:** 須能支援各評量情境需求之電腦化編輯工具，包含評量功能物件與評量單元活動工具之編輯，並可設定各項評量過程之追蹤點與紀錄模式。

- **科學多元評量活動編輯工具:** 須能提供教師可依據評量需求來規劃與建構科學學習多元評量之評量活動，並進行各評量歷程與觀察指標之設定。

(2)多元評量之施測系統:

- **評量活動控制與導引:**需可依據所規劃之評量活動，來提供學生在評量過程中適當的評量導引與回饋，並協調各項評量工具與資料傳遞。
- **評量歷程之追蹤與紀錄:** 需可依據評量需求與設定，在學生進行評量時進行各項評量歷程與操作資訊做追蹤與紀錄，以作為後續的評量分析與診斷之資料。
- **評量結果評估與分析:** 需能針對學生所進行之評量結果，依據評量需求，提供給教師作為評量成果評估與分析的處理工具。

(3) 評量歷程分析與診斷: 需可針對學生之評量歷程與各項系統所記錄的資訊，來進行電腦化的處理與分析，以提供教師更深入的分析與診斷建議，進而提供學生切適的學習與評量建議。

項目 3 之各主要建議功能說明如下:

- **多元評量之管理系統:** 需能提供多元評量架構之學科領域與試題資料進行有效之管理、搜尋與檢索等題庫管理之功能。
- **多元評量之配題系統:** 需能提供大型施測時所需之依據科學學習領域以及所規劃之評量需求架構來提供自動化出題與組卷的功能。
- **評量測驗之統計與分析系統:** 需能針對測驗資料與各項相關資料提供統計與分析的處理功能。
- **大規模測驗系統之可行性分析:** 需針對所發展之評量工具與施測模式，進行大規模測驗的可行性分析，以作為後續進行正式測驗機制與模式的參考。

整個建議之電腦化施測的研究與發展規劃共包括了科學學習多元評量模式的分析與驗證、多元評量之編輯、施測與診斷分析系統、以及支援大規模科學評量系統等共有 3 個研究與發展建議主軸，而整個電腦化支援科學評量模式所建議發展之電腦化科學學習評量系統環境平台，將提供給科學學習專家與教師來進行實際的評量規劃與使用，以驗證此科學學習多元評量系統在分析、觀察、了解與診斷學生在科學學習上之多元能力(科學概念、探究能力、過程能力與問題解決等)上施行成效。

因此，本計劃所建議發展之電腦化科學學習評量系統模式架構，預計除了將可有效幫助教師來依據自己的教學與評量需求來規劃符合目的之評量活動與工具，以提供給學習者進行有效的評量與科學學習的過程參與，進而讓教師可藉由系統所提供的各項分析與診斷功能，來觀察、了解、分析與診斷出學生實際與潛在的科學學習能力的在科學知識概念、探究能力、過程技能、問題解決、以及資訊科技使用等等能力之狀況與成效，以提供教師給予學習者適當評量的回饋，進而促進學生在科學學習上的學習成效。故此電腦化支援科學評量系統模式所規劃之各項系統功能與研究項目，將可做為後續有興趣參與此方向研究的研究人員做為發展與規劃之參考基礎與依據。

3.4 科教調查計劃管理系統:

本計劃針對計劃相關成果與示範資料建構相關之建置與管理系統，以便後續科教評量研究之發展與推廣之用。

3.4.1 學科概念與評量架構編輯與管理系統

為便利科教評量研究在評量架構上之發展，本計劃分析與規劃可便利研究人員針對其所研究之學科來規劃與建置相關之評量架構、學科概念架構、年級架構、與進行必要之搜尋、管理、與修改。此外，亦可提供後續相關研究針對目前先期規劃計畫所規劃之評量架構，繼續加以分析、規劃與建置之系統工具，以下各圖便為此系統之相關功能畫面。

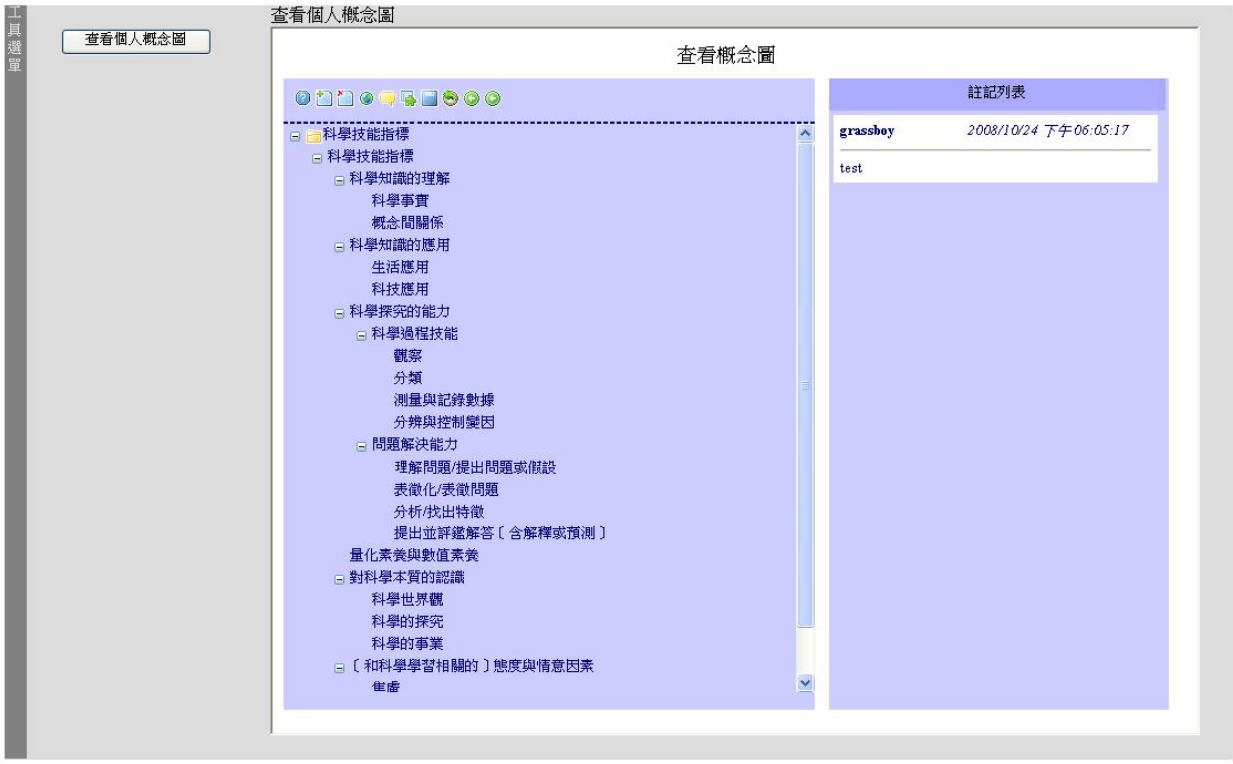


圖23: 先期規劃計畫的評量指標之檢視畫面

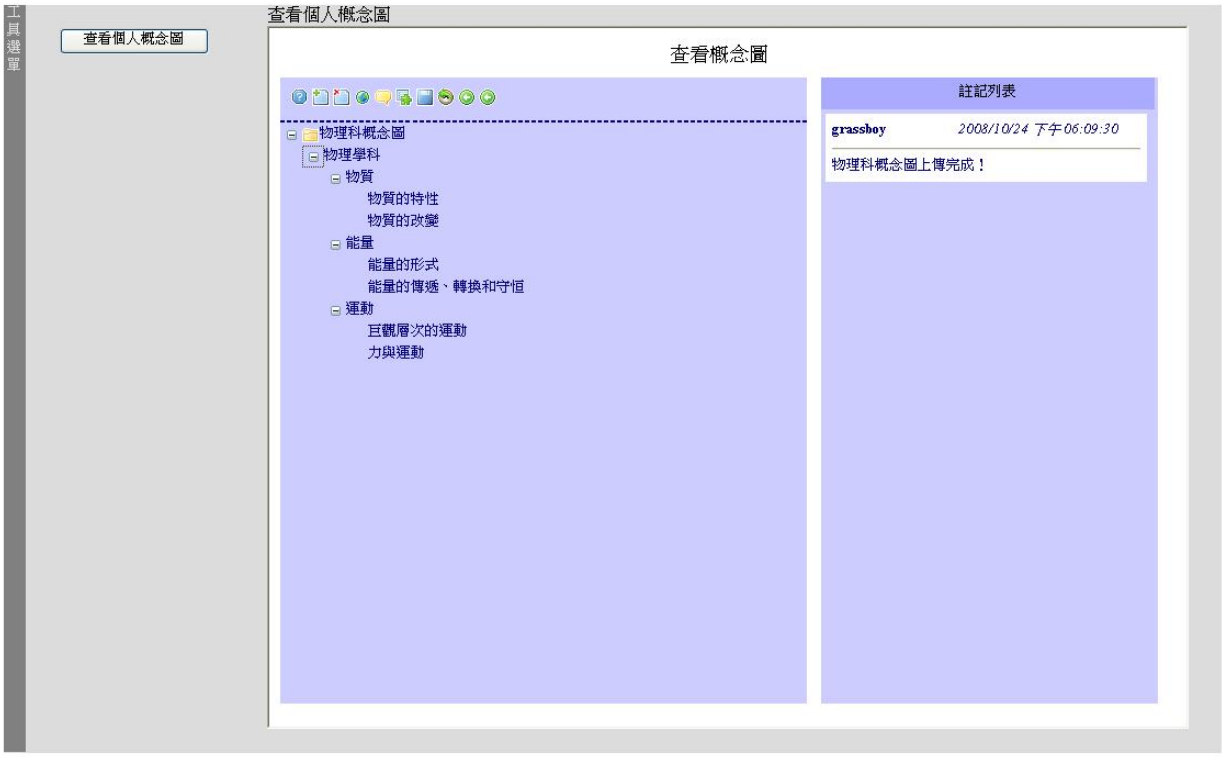


圖24：先期規劃計畫的物理學科架構之檢視畫面

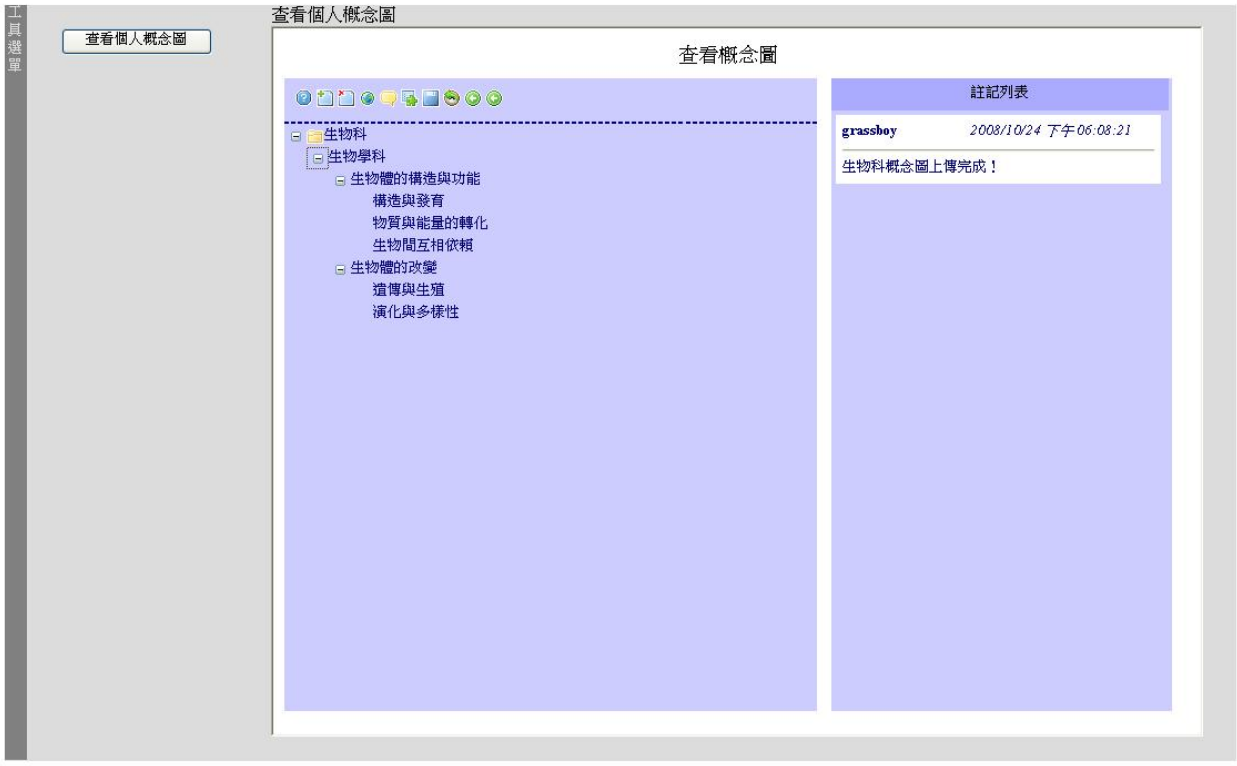


圖25：先期規劃計畫的生物學科架構之檢視畫面

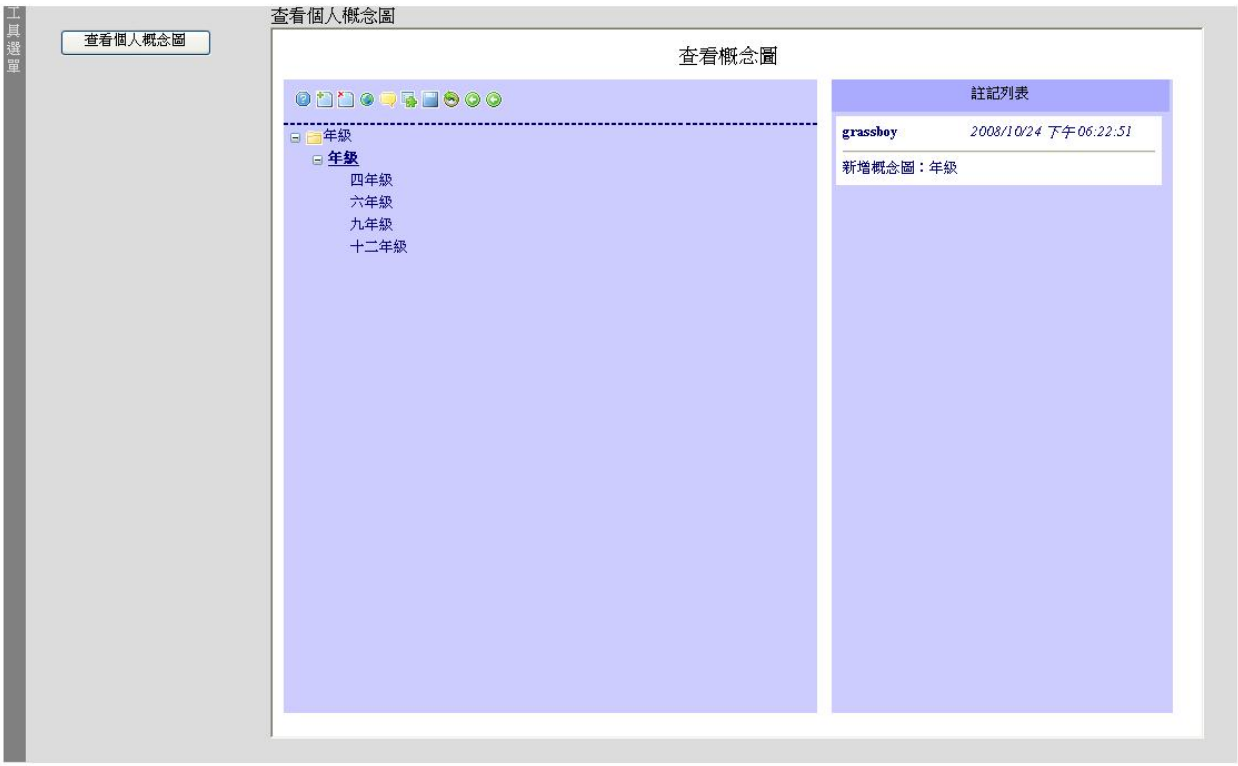


圖26：先期規劃計畫的評量年級架構之檢視畫面

圖27：學科概念與評量架構之管理功能系統畫面

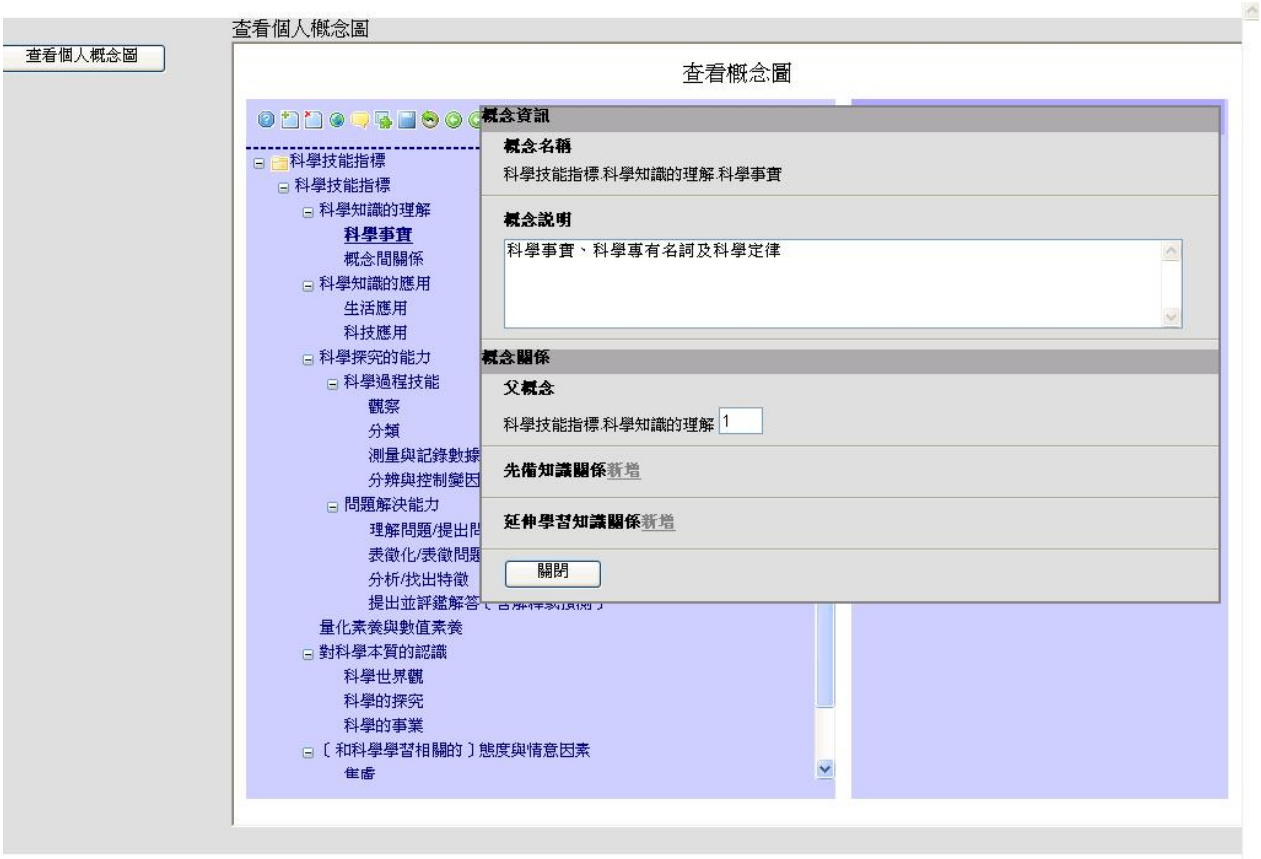


圖 28: 概念與評量架構之編輯、修改功能系統畫面

3.4.2 評量預期效能編輯與管理系統

根據評量架構，可規劃出相對應之評量指標，然而先期規劃計畫所規劃之 PE 主要為示範模式，故不同的學科與評量年級需求，將需要規劃不同需求的評量效能預期(PE)描述。故為了能提供後續科教評量研究之長足發展與需求，本計劃規劃與發展了可依據評量架構來規劃自行需求的 PE 建構與管理系統，其功能畫面如下各圖所示。

圖 29: PE 管理個人首頁-檢視所建構之各 PE 資料

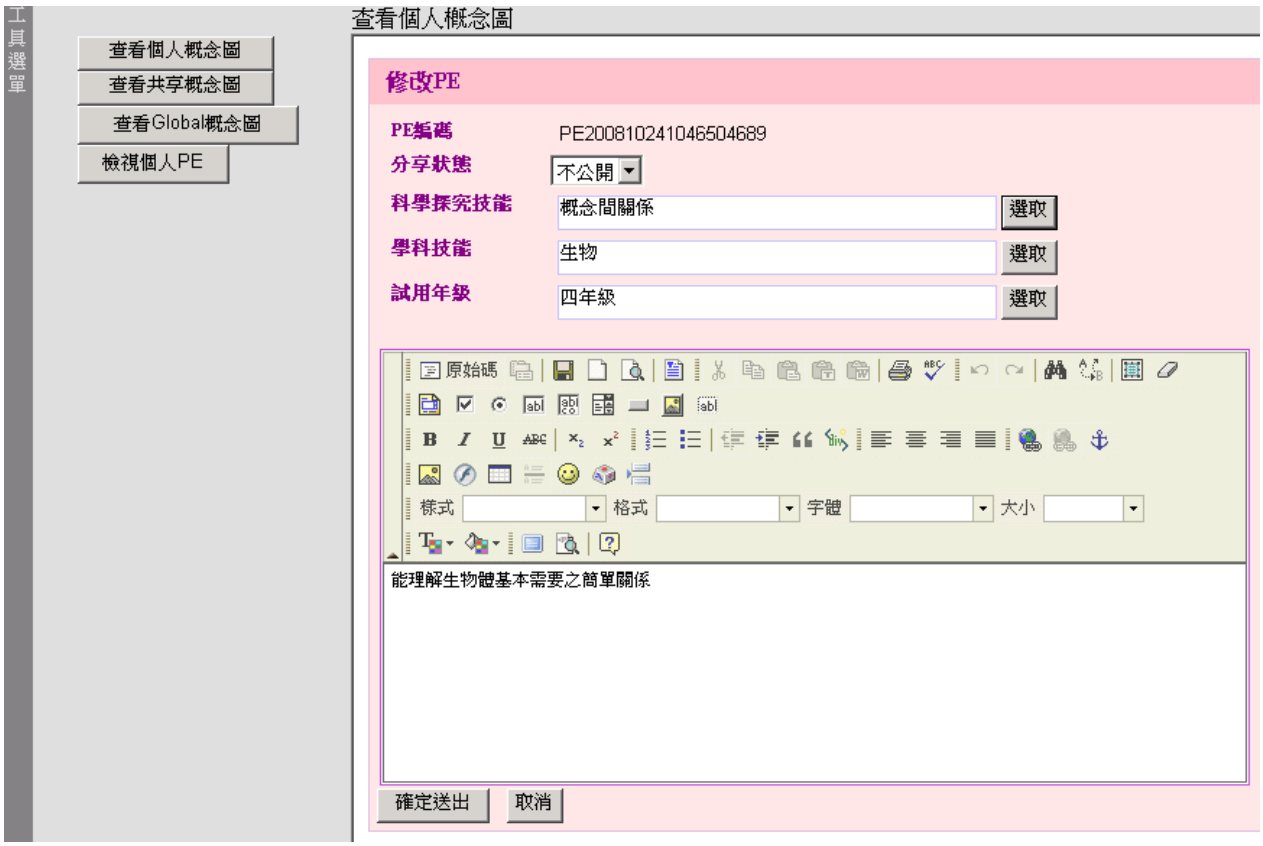


圖 30:PE 編輯畫面

圖 31:PE 資料瀏覽與針對 PE 進行認同度推薦投票

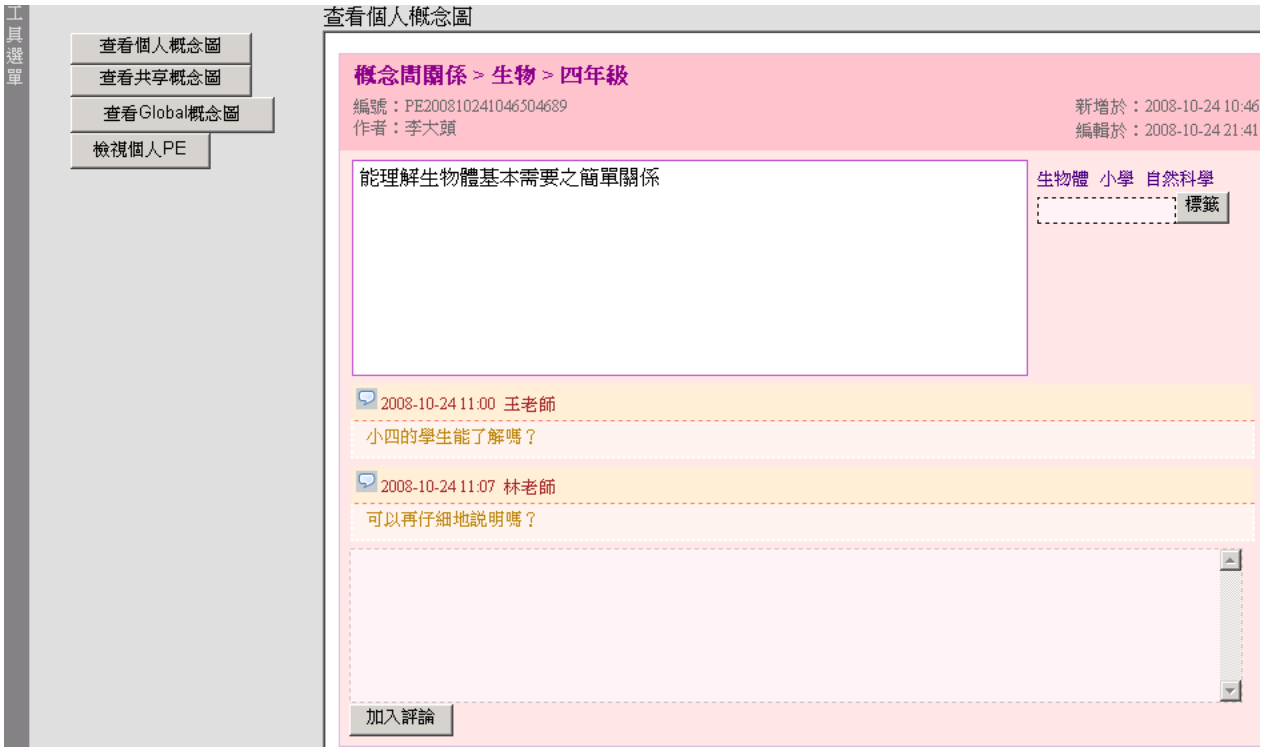


圖 32: 針對 PE 進行討論

圖 33: PE 搜尋畫面

3.4.3 評量示範試題管理系統

根據評量架構與 PE 架構，便可規劃出相對應之評量試題。故本計劃規劃與發展示範試題之管理系統，以提供後續科教評量研究之長足發展與需求，其功能畫面如下各圖所示。

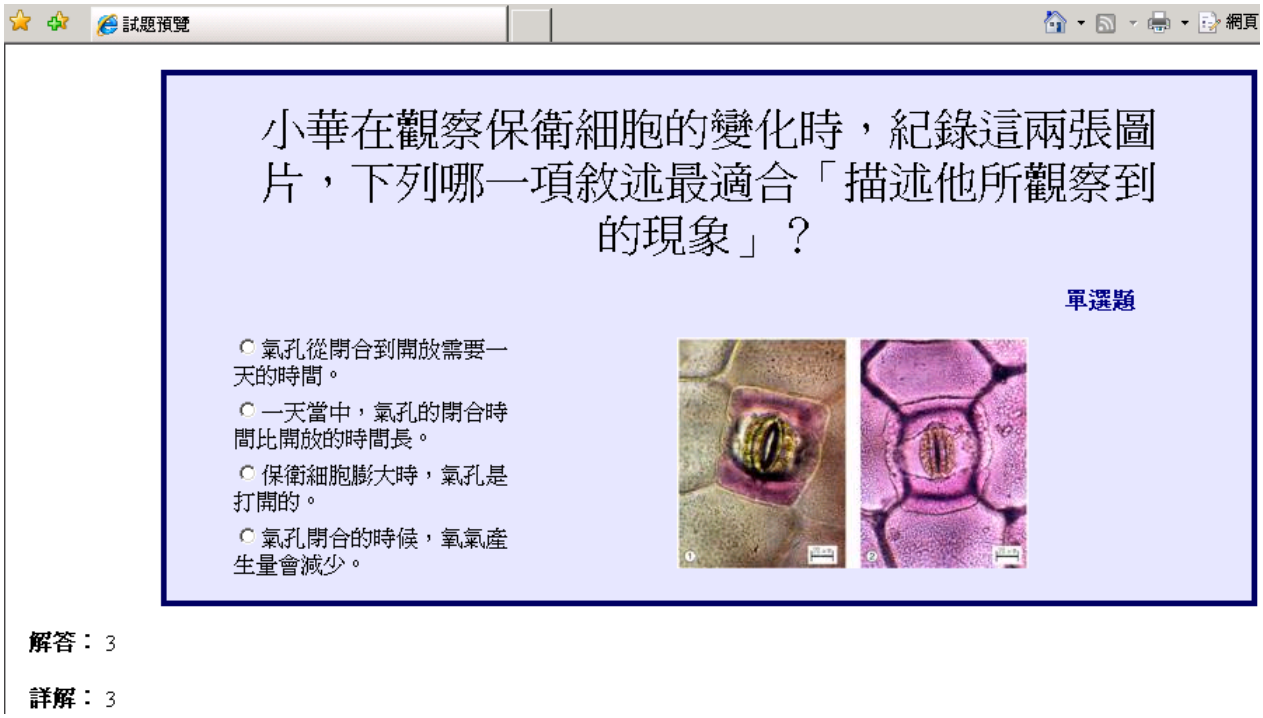


圖 32: 生物試題畫面

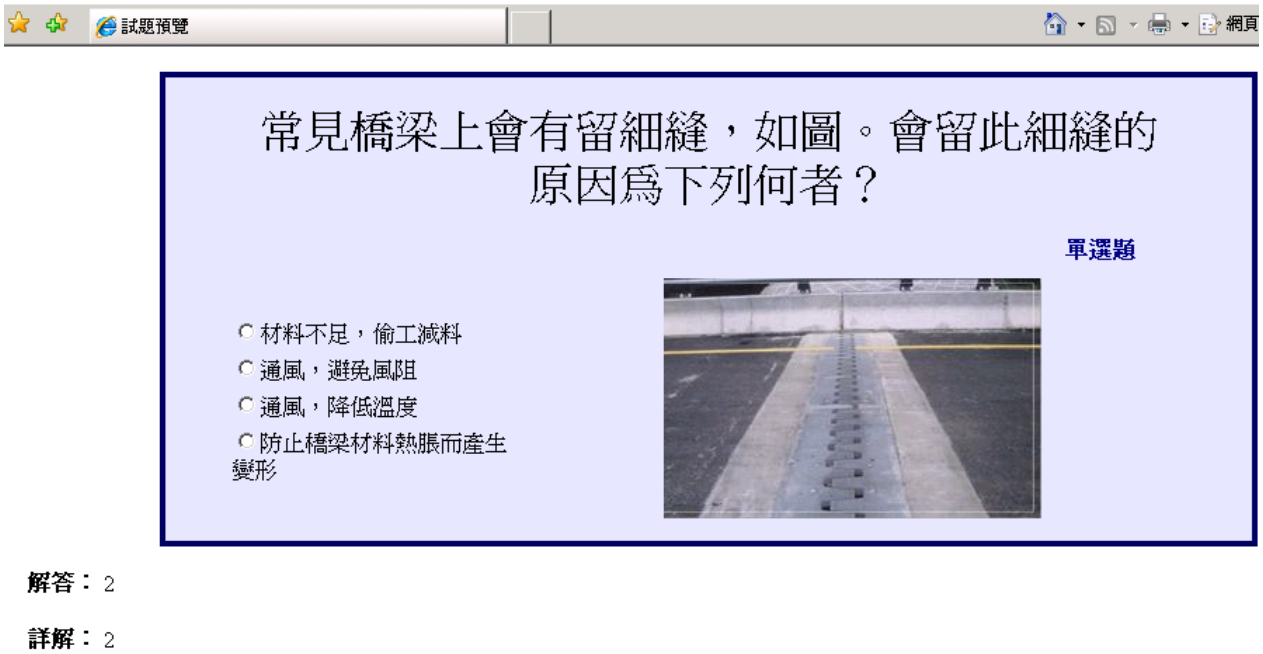
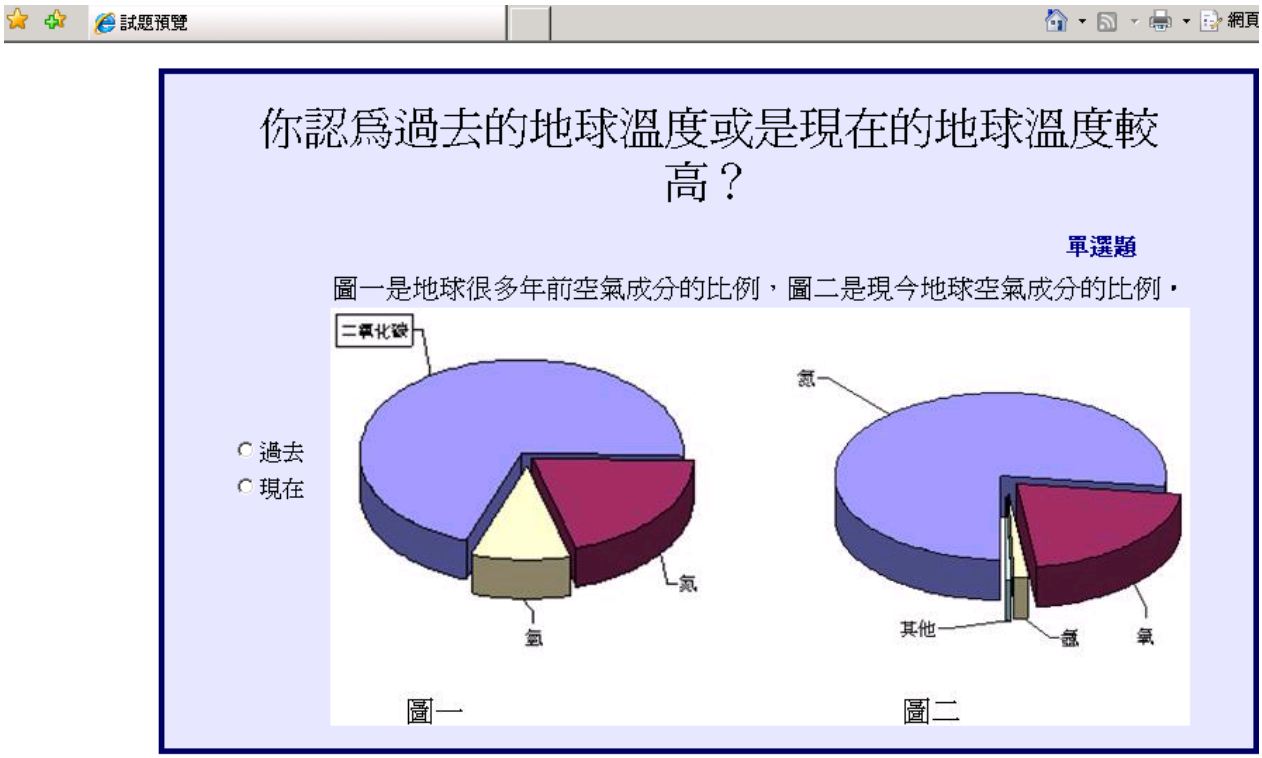


圖 35:物理試題畫面

解答： 4

詳解： 4

圖 36: 地科試題畫面



解答： 2

詳解： 2

圖 37: 地科試題畫面

3.4.4 先導規劃計畫資料管理系統

為了針對我國科學教育之學生成效進行調查，以分析我國學生之各項科教學習能力成果，建立我國科學教育長期追蹤之本土基本資料，進而作為科教學習之相關政策、課程規劃、與研究分析之用，故特招集各相關專家學者，進行科學認知與學習之全國性調查研究之先期規劃計劃，因此計畫所參與之專家學者眾多，且為了規劃科教調查之各項分析事項與架構，在計畫規劃與討論過程中，將產生許多相關的討論文件、會議紀錄資料、相關文獻資源、會議共議等等，如無妥善將這些計畫規劃與討論過程中之相關資料作友善的歸納與管理，將嚴重影響到規劃會議之討論與進行。因此，本計劃在基於模組化系統開發概念與 Open Source 精神上，利用現存之內容管理系統(Content Management System, CMS)平台，Joomla (2008)，作為系統之基礎平台，在其上進行各項模組功能之建構與系統功能之延伸與發展。在科教調查規劃計劃管理系統的功能規劃與設計上，包含以下功能:

- **文件管理功能:** 文件之上傳、下載、搜尋、與目錄之管理。
- **帳號權限管理功能:** 根據使用權限進行使用者帳號管理。
- **最新新聞公告功能:**提供發佈調查規劃計劃最新之訊息與新聞功能。
- **討論區功能:**提供計畫參與專家學者發表意見與討論之園地。
- **管理者管理功能:**提供管理者進行系統管理與維護之功能。
- **郵件發送管理功能:**可於線上直接寄送 Mail 給調查計畫參與之專家學者功能。
- **Blog 功能(Optional):**提供計畫發表 Blog 的功能。

圖 38 與 39 為建構之管理系統畫面，系統平台為 Joomla、搭配 PHP 語言、MySQL 資料庫與各項符合需求之 Joomla 延伸功能模組，並進行必要功能研發。

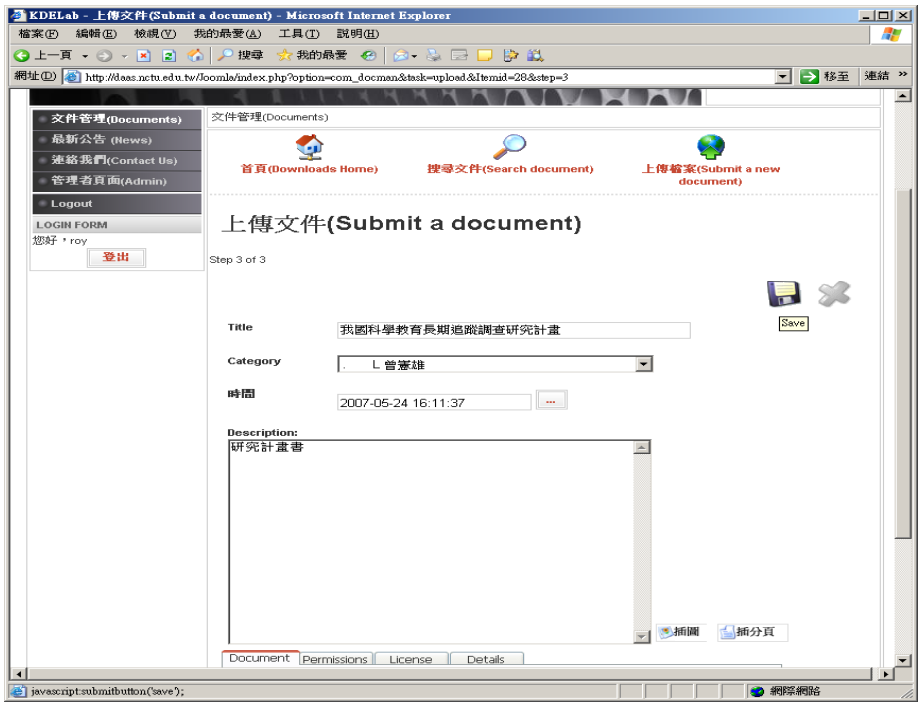


圖 38:文件上傳與文件說明注記功能

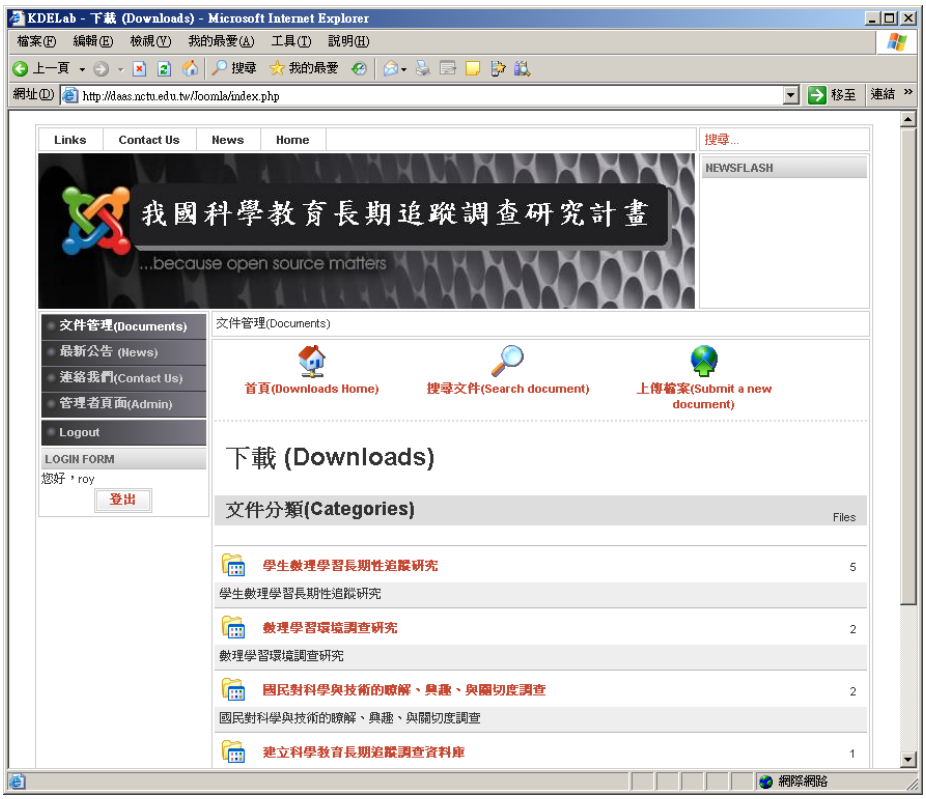


圖 39:文件下載與文件分類功能

五、計畫成果自評

為了能有效率的獲得我國科學教育長期追蹤中，學生在科教學習上的學習與發展資料，包含學習成就、科學概念與原理的瞭解與運用、科學探究能力、與學生的態度、認知技能、科學本質等方面的學習資料，本計畫規劃我國科學教育長期追蹤之電腦施測的科教領域知識評量示範架構、評量指標之詮釋資料(Metadata) 示範架構、試題資源之標準化示範模式與施測系統之示範架構，以進而建立我國科教長期追蹤之電腦化施測系統示範架構規範、來利用電腦與網路來快速與有效地進行學生科教學習資料的測驗與成果紀錄分析。

本計畫之主要成果與貢獻:

(1) **規畫與建構科教評量本體架構:** 針對科教科目(數理、生物、化學、物理與地球科學)來規劃各科目之學習概念知識與本體架構。

(2) **規畫科教領域描述資料(Metadata)之示範架構:**依據科教科目之評量架構元素的各項指標，來規劃與建構其指標描述資料(Metadata)，以建構我國本土性之科教學科評量架構元素指標描述標準之示範架構。

(3) **規畫科教領域之電腦施測示範題型:** 針對科教學科(數理、生物、化學、物理與地球科學)之評量調查的實際需求，分析與規劃可行之多媒體示範試題題型，以作為後續長期追蹤調查的題型發展參考依據。並基於國際標準QTI試題格式下，建立標準化題型之示範架構。

(4) **規劃電腦施測系統示範架構:**針對施測需求，規劃可行之科教電腦施測系統之示範功能與架構，以做為後續電腦施測研究與發展之參考。

(5) **建置科教調查計劃管理系統:**建置計畫進行之計畫規劃過程資源管理(評量架構、概念架構、試題資源、評量指標)掌控之管理系統的規劃與建置。

- **研究內容與原計畫相符的程度、達成預期目標情況:**

本計劃針對各項研究議題所完成的各項成果，皆為根據當初計畫提案的規劃進行，而成果也符合原始計畫規劃。

- **研究成果之學術或應用價值、是否適合在學術期刊發表或申請專利:**

在本計畫執行期間，總共發表了 1 篇國際期刊論文，以及 2 篇會議論文，茲列舉如下：

期刊論文:

(1) Kuei-Chih Huang, Shian-Shyong Tseng, Jui-Feng Weng, and Hsiao-Ting Ho (2008). Design of Scientific Education Activities Based Upon the Game-Based Learning Platform. International Journal on Digital Learning Technology (IJDLT), Vol. 1, No. 1, http://www.ijdlt.org, pp. 56-71, 2008.

會議論文:

(1) Li-Hao Cho, Jui-Feng Weng, Jun-Ming Su, Shian-Shyong Tseng, (2008),"An Adaptive Learning Strategy Scheme for Role Playing Learning" in the 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics(WMSCI 2008), June. 29-July. 2, 2008, Orlando, Florida, USA

(2) Dung-Chiuan Wu, Huan-Yu Lin, Shian-Shyong Tseng, Jui-Feng Weng, and **Jun-Ming Su**, "Constructing a Role Playing Interactive Learning Content Model," accepted by IEEE International

Symposium on Multimedia 2007 (ISM2007) on Multimedia Modeling and Assisted Tools Session, Taichung, Taiwan (R.O.C), December 10-12, 2007 . (accept ratio 25%)

六、參考文獻

[1] Aviation Industry CBT Committee (AICC) (2008), AICC - Aviation Industry CBT Committee. http://www.aicc.org, 2008.

[2] Alliance for Remote Instructional and Authoring and Distribution Networks for Europe (ARIADNE) (2008), ARIADNE: Foundation for The European Knowledge Pool. http://www.ariadne-eu.org, 2008.

[3] DCMI (2008), Dublin Core Metadata Initiative, http://dublincore.org/, 2008.

[4] NAEP (2008). National Assessment of Educational Progress. http://nces.ed.gov/nationsreportcard/.

[5] Instructional Management System (IMS) (2008), IMS Global Learning Consortium. http://www.imsproject.org/

[6] IMS Question & Test Interoperability Specification (QTI) (2008), IMS Global Learning Consortium, http://www.imsglobal.org/question/

[7] IMS QTI Metadata (2006a), IMS Question and Test Interoperability Meta-data and Usage Data, http://www.imsglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti_mdudv2p1pd2.html#section10006, 2008.

[8] IMS QTI Implementation Guide (2006b), IMS Question and Test Interoperability Implementation Guide, http://www.imsglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti_implv2p1pd2.html#section10006, 2008.

[9] IMS QTI Overview (2006c), IMS Question and Test Interoperability Overview, http://www.imsglobal.org/question/qtiv2p1pd2/imsqti_oviewv2p1pd2.html, 2008.

[10] Joomla (2008), Joomla, http://www.joomla.org/

[11] Learning Material Markup Language (LMML) (2004), http://daisy.fmi.uni-passau.de/pakmas/lmml/, 2008.

[12] PISA (2008). Program for International Student Assessment. http://www.pisa.oecd.org

[13] PIRLS (2008). Progress of International Reading Literacy Study. http://nces.ed.gov/surveys/pirls/

[14] Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2007, Advanced Distributed Learning. http://www.adlnet.org/, 2008.

[15] TASA (2008). Taiwan Assessment of Student Achievement. http://tasa.naer.edu.tw/release/index.aspx

[16] TIMSS (2008). Trends in International Mathematics and Science Study. http://nces.ed.gov/timss/.

[17] TIMSS (2007). TIMSS 國際數學與科學教育趨勢成就調查. http://timss.sec.ntnu.edu.tw/timss2007/

[18] Universal Learning Format (ULF) 2008, http://www.saba.com, 2008

[19] IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) (2004), IEEE LTSC | WG12. http://ltsc.ieee.org/wg12/, 2008.

[20] T.R. Gruber (1993), "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,"

Knowledge Acquisition, vol. 5, pp. 199–220.

[21] M. Gruninger and M.S. Fox, (1995) .Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, International Joint Conference on AI (IJCAI-95), Canada.

[22] N.F. Noy and D.L. McGuinness, (2001) .Ontology Development 101:A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford Medical Informatics Technical Report: SMI-2001-0880.

[23] A.G. Perez and R. Benjamins, (1999) "Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods", IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Stockholm, Sweden, August 2.

[24] B. Swartout, R. Patil, K. Knight, and T. Russ, (1996)" Toward distributed use of large-scale ontologies.", In Proceedings of 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Worskhop. Banff, Canada.

[25] M. Uschold and M. Gruninger, (1996) .Ontologies: Principles, Methods and Application. Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No. 2.

[26] IMS CS (2008),, Content Package http://www.imsglobal.org/content/packaging/index.html, 2008

[27] Shepard, L.A. (1997). The Role of Classroom Assessment in Teaching and Learning. In D. Berliner & R. Calfee (eds.), Handbook of educational psychology. New York: Simon & Schuster Macmillan, pp. 1066-1097.

[28] Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online, 4*(2), Winter 2007, pp 21-24.

[29] Collins, A. (1991). The role of computer technology in restructuring schools. Phi Delta Kappan, 73(1), 28-35

[30] Harmes, C.J.(2000). A usability model for computerized testing; Empirical development and validation. http://www.coedu.usf.edu/itphdsem/eme7939/ch100.pdf

[31] IPAT, (2007), Integrative Performance Assessments of Technology (IPAT), http://ipat.sri.com, 2008.

[32] NRC, (1996), National Research Council . *National Science Education Standards.* Washington, DC: National Academies Press.

[33] Predator-Prey (2008)**,** http://ipat.sri.com/tasks/pred_prey/subtasks/taskstud.html

[34] 吳嘉峰，(2006)，電腦化科學問題解決測驗的發展與應用，碩士論文，測驗統計所，國立台南大學，2006

[35] 鄭湧涇，科學教學評量的理論與實際應用，http://140.122.143.143/doc/evaluate.htm (2007)

[36] 張文宜，(2004)，電腦化多元題型數感測驗的發展與應用，碩士論文，測驗統計所，國立台南師範學院，2004.